

Desarrollo Económico

Un Libro de Texto

Erik Haindl Rondanelli

DESARROLLO ECONÓMICO

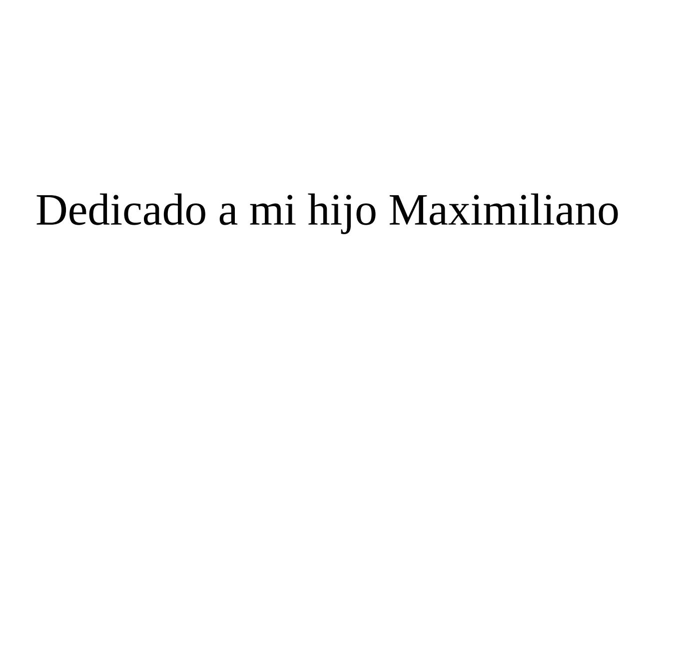
UN LIBRO DE TEXTO

ERIK HAINDL RONDANELLI

“Desarrollo Económico: Un Libro de Texto”

Reg. de Propiedad Intelectual N° 2021-A-2086

Primera Edición: Marzo de 2021. Editorial Amazon, USA



Dedicado a mi hijo Maximiliano

INDICE

INTRODUCCIÓN

La economía es la ciencia que estudia la administración de los recursos de la sociedad. Siempre ha sido un problema complejo como administrar recursos limitados para satisfacer necesidades ilimitadas. La complejidad del problema ha llevado a dividir el problema en tres grandes áreas.

La primera área, llamada Microeconomía estudia la asignación de recursos, tomando el stock existente de recursos como dato. Con ello se estudian las distintas formas en que se organizan los mercados, el sistema de precios, y la solución a las tres interrogantes fundamentales: ¿Qué producir?, ¿Cómo producir?, y ¿Para Quién producir?

La segunda área, llamada Macroeconomía estudia el nivel de uso de recursos. Asume que la asignación de recursos es un dato y analiza porqué la economía pasa por periodos de “boom”, en que se utilizan todos los recursos disponibles, y otros periodos de “recesión”, en que la economía no utiliza todos sus recursos. Es el estudio del ciclo económico, la inflación y el desempleo que están en el corazón de la Macroeconomía.

La tercera área, llamada Desarrollo Económico estudia la acumulación de los recursos a lo largo del tiempo. Su objetivo es el estudio del crecimiento de las economías, y la transformación de las economías agrícolas en economías industriales y de servicios.

Este es un libro de texto que explora la tercera área de la economía. Es el resultado de mis clases de Desarrollo Económico en varias Universidades Chilenas y de Investigación en esta apasionante área, durante más de treinta años.

Cuando se estudia el caso de algunas economías que fueron capaces de aumentar su ingreso per cápita en más de 60 veces en un periodo de 200 años, mientras otras permanecieron estancadas, el interés de entender el fenómeno se apodera de la mente. Como dijo Robert Lucas, una vez que se empieza a pensar en los problemas del Desarrollo Económico, es difícil pensar en otra cosa.

El libro está dividido en capítulos donde se sintetizan los principales modelos que abarcan los diferentes aspectos del problema. Después de una introducción histórica y conceptual, se presentan los modelos donde se enfatiza la acumulación de capital, el avance de la tecnología, el trabajo y el capital humano, los recursos naturales, y los aspectos institucionales.

CAPÍTULO 1 LAS DOS REVOLUCIONES

Durante miles de años, el hombre vivió de la caza y de la recolección. Andando el tiempo, fue inventando y desarrollando ciertas habilidades, como cortar piedras, fabricar flechas, fabricarse su propia ropa a partir de pieles de los animales, cocinar los alimentos y controlar el fuego. Sin embargo, la base económica de sus sociedades era la cacería de animales y la recolección de frutos y verduras silvestres.[1]

El hombre se organizaba en tribus y clanes, que frecuentemente peleaban entre sí por la comida. Debían dedicar prácticamente todo su tiempo disponible para procurarse alimento y evitar morirse de hambre. Prácticamente debían gastar una caloría por cada caloría que se generaba, y no quedaba casi ningún excedente. Debían seguir a la comida, por lo que su modo de vida era esencialmente nómada.

De acuerdo a Carlo Cipolla, todo esto cambió gracias a dos revoluciones que transformaron las sociedades humanas en forma definitiva.

1.1 La Revolución Agrícola

La primera de las dos grandes revoluciones económicas ocurrió poco después del 9.000 AC: el descubrimiento de la agricultura y la posibilidad de domesticar a los animales.[2]

Los descubrimientos arqueológicos sugieren que este paso se dio en el Oriente Medio. En la cueva de Shanidar, en las montañas de Zagros, aparecieron huesos de carneros domesticados. La datación por carbono 14, fechó los restos en alrededor de 8.500 AC.[3]

Las excavaciones llevadas a cabo en las laderas interiores de la cordillera de Zagros proporcionaron pruebas de que en Jarmo, Iraq, había existido una comunidad agrícola asentada en un poblado. El poblado estuvo habitado entre el 7000 y el 6500 AC, y sus habitantes domesticaban cabras, cultivaban cebada, y dos clases de trigo diferentes.[4] Este poblado puede muy bien ser el origen de la Civilización Sumeria.

En el oasis de Jericó existe evidencia que existía un poblado del neolítico, con muros y torres circulares de piedra de nueve metros de alto, con evidencia de agricultura hacia el 8000 AC. La torre y las defensas datan del 7000 AC según el método del radiocarbono.

Hacia 6500 AC, la ciudad de Katal Hüjuk florecía en Anatolia, con evidencia de agricultura y domesticación de animales.

En Egipto hay evidencia de agricultura a las orillas del rio Nilo, domesticación de los animales, y un poblado en Nabta Playa. Esto puede muy bien ser el origen de la Civilización Egipcíaca.

Pero no solo el Oriente Medio realizó estos desarrollos. En China, hay evidencia de agricultura del arroz en torno al rio Amarillo hacia el 7000 AC. Los primeros poblados de Peiligang y Cishan datan del 6500 AC. Hay evidencia de cultivo de mijo y arroz. Cría de perros y cerdos, cerámica roja, ajuares funerarios, y el uso de bebidas fermentadas. Ello fue el origen de la Civilización Sínica.

En Megarth, valle del río Indo, hay evidencia de agricultura, con trigo y cebada, y domesticación de animales hacia el 7000 AC. El primer poblado de Rehman Dehri surge hacia el 4000 AC. Tenía silos de grano, y cultivaba el algodón. Esto da origen a la Civilización del Indo.

Hacia el 6000 AC existe evidencia de agricultura basada en irrigación fluvial en el Elam. Hacia el 5000 AC se fundan las ciudades de Tappeh Sialk y Susa, que fueron el origen de la Civilización Elamita.

Hacia el 4000 AC existe evidencia de agricultura en la costa norte de Perú. En el 3000 AC surge la ciudad de Caral, que llegó a tener 6 pirámides en torno a una plaza central, y una población de tres mil habitantes, gobernados por un estado teocrático. Así nació la Civilización de Caral.

Hacia el 3000 AC existe evidencia de cultivo de mazorcas de maíz en México. Hacia el 1500 AC surge el poblado de San Lorenzo en Veracruz, dando origen a la Civilización Olmeca.

La revolución agrícola transformó completamente a las sociedades que las experimentaron. La domesticación de los animales transformó a los cazadores en pastores, y la invención de la agricultura transformó a los recolectores en agricultores.

Los pueblos que sólo domesticaron animales pudieron continuar con sus costumbres nómadas, y se transformaron en pueblos pastores, que migraban en busca del pasto para sus ganados. Su nivel de ingresos subió en forma significativa, y su riqueza principal fueron las cabezas de ganado que poseían.

Los pueblos que inventaron la agricultura tuvieron que abandonar sus costumbres nómadas,

para localizarse en un solo lugar. Se transformaron en sedentarios, y al agruparse dieron origen a los primeros poblados. El control del riego y de las técnicas agrícolas, los obligó a organizarse en sociedades, lo que dio origen a las primeras ciudades-estado, y al nacimiento de las civilizaciones.

Los tres ingredientes que dieron origen a las civilizaciones fueron:[5]

1) Invención de la agricultura
2) Creación de ciudades y división del trabajo
3) Creación de una Cosmovisión cultural ("Weltanschauung")

La invención de la agricultura genera un excedente económico, para poder construir ciudades y permitir la división del trabajo necesaria para tener una vida urbana. Una sociedad que vive de la caza y recolección es parásita de la naturaleza, y no es capaz de crear riqueza. Por lo tanto, una sociedad productiva debe estar basada en sectores económicos que generen dicho excedente, tales como la agricultura, el pastoreo, el comercio o las actividades industriales. Sin la formación de este excedente, las sociedades permanecen estáticas. Como dijo el historiador Carrol Quigley: “Las sociedades no civilizadas, son estáticas, y por lo tanto no tienen historia”.

También es clave que las civilizaciones tengan vida urbana. Esto condiciona la división del trabajo, la especialización, y la estratificación social. De acuerdo al historiador inglés Arnold Toynbee, la mayor parte de los rasgos culturales de una sociedad son inventados por una minoría creadora que vive en las ciudades. ¡La civilización es eminentemente una creación urbana!

Por último, la existencia de una cosmovisión es una parte importante de cualquier civilización. El historiador David Richardson define la cosmovisión como un invisible e intangible grupo de sentimientos, ideas, memorias, conceptos, e intuiciones que entran en juego cuando una persona tiene una experiencia significativa; y el acto intuitivo es más o menos similar a tener una experiencia estética. Su carácter simbólico se aplica a todos los hechos significativos y obras de la civilización: estatuas, monumentos arquitectónicos, literatura, derecho, música, pintura, teoría política y religión. Puede ser definida como una matriz inconsciente de ideas compartidas por los participantes activos de la civilización. Cada civilización tiene una cosmovisión propia.

El historiador Mathew Melko piensa que la existencia de una cosmovisión – “Weltanschauung” – es una buena indicación de los límites espaciales y temporales de una civilización. En otras palabras, la cosmovisión nace y muere junto con la civilización.

Esto dio origen a las primeras civilizaciones registradas en la Historia:

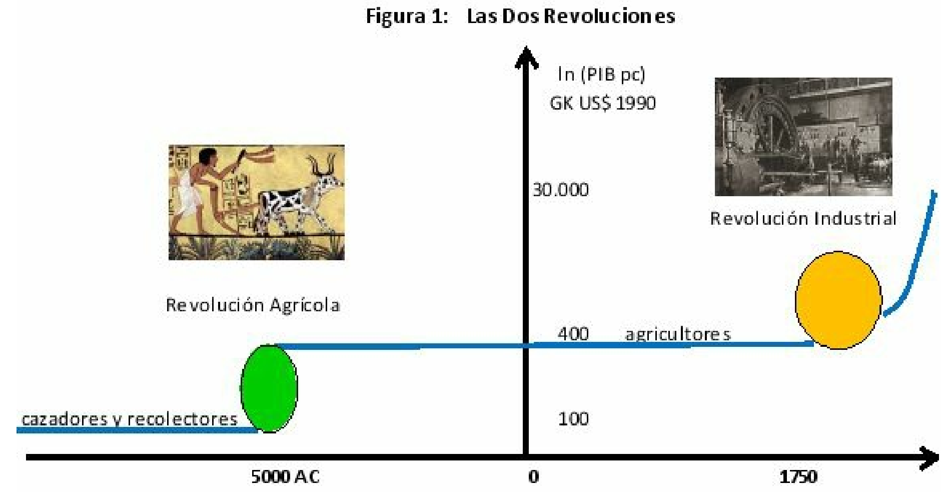
- Civilización Egipcíaca 7000 AC
- Civilización Sumeria 7000 AC
- Civilización Sínica 6500 AC
- Civilización Elamita 5000 AC
- Civilización del Indo 4000 AC
- Civilización Minoica 3500 AC
- Civilización de Caral 3000 AC
- Civilización Nubia 2500 AC
- Civilización Yemenita 2300 AC
- Civilización China 2200 AC

Con la invención de la agricultura y de la domesticación de los animales, surgió la

posibilidad de tener excedentes económicos, es decir ya no era necesario gastar una caloría por cada caloría producida. Estos inventos posibilitaron a la sociedad llegar a tener un ingreso por encima de los niveles de mera subsistencia. Este excedente económico permitió construir pueblos y ciudades, hacer obras de irrigación, y mantener un pequeño gobierno con gobernantes, funcionarios, sacerdotes y soldados.

También permitió la división del trabajo, en que algunos habitantes de los poblados podían efectuar trabajos artesanales para elaborar bienes, que cambiaban por alimentos. Otros trabajadores podían especializarse en ciertos servicios, como curanderos, sastres, cocineros, o constructores, que también intercambiaban por los bienes que necesitaban.

Los gobernantes de las ciudades-estado se apoderaban de una fracción de lo producido en la forma de impuestos, con lo que podían financiar su corte, sus templos, su tropa, y las construcciones que hacían. En la medida que estas ciudades-estado fueron conquistándose unas a otras, surgieron reinos e imperios, cuyas capitales también fueron creciendo en tamaño y sofisticación.



Este “salto” en el ingreso de la Revolución Agrícola generó un segundo “salto” con la Revolución Industrial, un par de milenios más tarde como se aprecia en la figura 1.

Existe amplia evidencia de que el producto per cápita de las economías agrícolas prácticamente no creció en un par de milenios. Un artículo de Raymond Goldsmith (1984) estimó que el PIB per cápita del Imperio Romano en la época del emperador Augusto era aproximadamente igual al de Inglaterra, en la época del rey Jorge III, antes del comienzo de la Revolución Industrial. No solo el PIB per cápita de Roma y de Inglaterra eran comparables, sino también el porcentaje de urbanización, la estructura de la economía, y la distribución del ingreso. [6]

Otro artículo que llega a la misma conclusión es el Peter Temin (2005): “usando el índice de urbanización, y los salarios reales medidos en términos de trigo, se sugiere que el ingreso per cápita de Italia en la época de Augusto, era completamente comparable al de Inglaterra y Holanda hacia fines del siglo XVII, antes de la Revolución Industrial”.

Los estudios de Angus Maddison (1982) llegan a la misma conclusión: Entre el año 500 y el 1500, el PIB per cápita mundial creció 0 %. Tan sólo el PIB total y la población mundial crecieron a un ritmo de 0,08 % anual.

Por algo, los primeros economistas clásicos llegaron en forma tan natural al concepto del “estado estacionario”. Una economía que no crecía en términos per cápita. Incluso, Thomas

Robert Malthus postuló un mecanismo para poder explicar porque, eventos que hacían crecer la economía, al final sólo se traducían en incrementos en la población, y los salarios volvían en forma natural al nivel de subsistencia: una verdadera “trampa Malthusiana”.

1.2 La Revolución Industrial

Hacia mdiados del siglo XVIII se produjo una segunda gran revolución económica: la invención de la industria y la explotación a gran escala de nuevas fuentes de energía por medio de convertidores inanimados.

Esta revolución partió en Inglaterra, y el invento clave fue la máquina de vapor perfeccionada por James Watt. El perfeccionó varios descubrimientos anteriores y construyó una máquina de vapor cuyas características técnicas y económicas contribuyeron a su amplia adopción. La primera máquina de Watt fue construida en 1765, y utilizada para bombear agua de una mina. Fue perfeccionada hasta su masificación comercial en 1776. La máquina de vapor se transformó en el corazón de la naciente industria e impulsaba todos los procesos industriales. Se utilizaron masivamente en las actividades textiles y metalúrgicas, reduciendo el costo de fabricación en forma significativa.

En 1785 Edmund Cartwright inventó el telar a vapor, que permitió la automatización del proceso de tejido, reduciendo a un mínimo el costo de fabricación de telas, y dándole a Inglaterra el liderazgo textil mundial durante un par de décadas.

Un marqués francés llamado Claude Dorothée utilizó una máquina de vapor para impulsar un barco de 45 metros, que denominó Piróscafo, y navegó el Saona desde Lyon a Santa Bárbara en 1783. Sin embargo, su proyecto comercial se frustró con la Revolución Francesa.

En 1803, el norteamericano Robert Fulton, fabricó un barco con paletas laterales, impulsadas por una máquina de vapor, que navegó el Sena. Fue mal acogido en Francia, y volvió a probar suerte en Estados Unidos. En 1807 lanzó su versión definitiva de un barco de vapor impulsado por paletas, estableciendo un servicio de los 240 km que separan Nueva York de Albany, navegando por el rio Hudson. Esto inauguró el transporte marítimo impulsado por el vapor, lo que bajó fuertemente los costos de transporte y redujo el tiempo de desplazamiento.

Cuadro 1. Inventos del Ciclo del Vapor

Año	Inventor	Invento	Funciones
1775	James Watt	Máquina de vapor	Impulsión de procesos industriales
1783	Claude Dorothée	Piróscafo	Barco impulsado por vapor
1785	Edmund Cartwright	Telar a vapor	Automatización de tejido
1803	Robert Fulton	Barco con paletas	Transporte de carga y pasajeros
1804	Richard Trevithick	Locomotora	Transporte de carga
1826	Robert Stephenson	Ferrocarril	Transporte de carga y pasajeros
1884	Charles Parsons	Turbina de vapor	Producción de electricidad

Fuente: Elaboración propia

En 1804, el ingeniero inglés Richard Trevithick construyó una locomotora a vapor, que permitía reemplazar la fuerza animal para el arrastre de vagones. En 1826, Robert Stephenson comenzó la construcción del primer ferrocarril del mundo, que unía las ciudades de Liverpool y Manchester. Así se inauguró una nueva era en el transporte de pasajeros y de carga. En el cuadro 1, se presentan los principales inventos relacionados con el ciclo del vapor.

En 1890 se instaló por primera vez una turbina Parsons en una central eléctrica en la ciudad

de Newcastle, Inglaterra, inaugurando una nueva era de iluminación eléctrica.

Las máquinas de vapor se utilizaron en las actividades metalúrgicas y textiles, así como en las minas y en el transporte. Al disponerse de mayor fuerza mecánica, fue posible producir más carbón. El carbón pasó a ser un elemento estratégico en la aparición y difusión de la Revolución Industrial. Inglaterra fue especialmente afortunada, ya que contaba con enormes reservas minerales de carbón, y éste era de un poder calorífero excepcionalmente bueno. Produjo una rápida expansión de la energía disponible para mover la industria, los transportes, así como la calefacción y la iluminación. Las sociedades industriales fueron altamente dependientes de la energía, y en su fase inicial esta energía venía del carbón. Ello llevó al economista Stanley Jevons a afirmar:[7]

"El carbón no está al lado sino muy por encima de todas las materias primas. Es la energía material del país, la ayuda universal, el factor de todo lo que hacemos. Con el carbón casi todas las hazañas son posibles o fáciles; sin él, nos vemos arrojados otra vez a la pobreza laboriosa de los tiempos primitivos".

Hacia 1800, la producción mundial de carbón ascendía a cerca de 15 millones de toneladas anuales. En 1860, había subido a 132 millones; en 1900 eran 701 millones; y en 1950 la producción llegaba 1.454 millones.

Durante el siglo XX, el carbón fue reemplazado gradualmente por el petróleo, y todo lo que Jevons dijo acerca del carbón puede decirse también del petróleo.

La Revolución Industrial también produjo avances tecnológicos en muchas otras áreas, que reforzaron la industrialización del planeta. Se logró perfeccionar la fabricación de hierro más duro y luego acero producido en forma masiva y económica, que permitió la construcción de rascacielos, barcos, automóviles y estructuras nunca vistas.

También se generó una secuencia de inventos basadas en el motor de combustión interna, que reemplazó al vapor y fue aplicado a la producción de automóviles, vehículos de todo tipo y aviones. Con los automóviles, las formas de las ciudades cambiaron, se construyeron carreteras, y se desarrollaron los suburbios.

Un ciclo de invención posterior muy importante fue el desarrollo de la electricidad, y luego la electrónica, que aumentó en forma muy importante el tipo de bienes disponibles para una familia media. La iluminación en el hogar fue complementada con todo tipo de artefactos electrodomésticos, que facilitaron enormemente las labores domésticas. La aparición de la radio y la televisión, cambió completamente el mundo de las comunicaciones. La electricidad también comenzó a mover máquinas industriales, trenes y tranvías.

La industria química también fue revolucionada, con la aparición de nuevos compuestos químicos, tales como la aparición del plástico, el polietileno, el rayón, el teflón, así como nuevos compuestos orgánicos, remedios y pesticidas.

La Revolución Industrial comenzó en Inglaterra, pero rápidamente se difundió por Europa y Estados Unidos, y luego al resto del mundo. La Revolución Industrial se expandió hacia Francia en 1830, hacia Alemania y Estados Unidos en 1840, hacia Japón alrededor de 1860, hacia Rusia en 1870. Países como China recién comenzaron a experimentar este proceso hacia 1950 (ver figura 2).

Figura 2. Difusión de la Revolución Industrial

1700 1750 1800 1850 1900 1950

Gran Bretaña
Francia
Alemania
Estados Unidos
Japón
Rusia
China

Las nuevas tecnologías, junto con las nuevas fuentes de energía, la mayor abundancia de capital, y el empleo más eficiente del trabajo generaron un incremento explosivo en los ingresos per cápita.

Hacia 1750, alrededor del 65 % de la Fuerza de Trabajo de Gran Bretaña estaba empleada en la agricultura. Esta cifra disminuyó a 40 % hacia 1790, y 22 % hacia 1850, 9 % hacia 1900, 5 % hacia 1950, y 2 % hacia el año 2000. De acuerdo a las cifras de Angus Maddison, el ingreso per cápita de Inglaterra, que en 1820 era el más alto del mundo, había crecido 1,9 veces hacia 1870, 2,6 veces hacia 1900, 4 veces hacia 1940, 7,6 veces hacia el año 1980, y 12 veces hacia el año 2000.

En comparación, Estados Unidos, que tenía en 1820 un PIB per cápita 38 % inferior al de Inglaterra, había crecido 3,3 veces hacia 1900, 6 veces hacia 1940, 17,9 veces hacia el año 1980, y 28 veces hacia el año 2000. En el año 1941, el PIB per cápita de Estados Unidos superó al de Inglaterra, y se transformó en el más alto del mundo. La población que trabajaba en la agricultura disminuyó desde un 65 % hacia 1850, a un 38 % hacia 1900, un 13 % hacia 1950, y un 2 % hacia el año 2000.

Alemania comenzó su proceso de desarrollo en forma más tardía. En 1870 su PIB per cápita era un 42 % menor que el de Inglaterra. Hacia 1900, su PIB per cápita era de 1,6 veces el nivel de 1870, 2,9 veces hacia 1940, 7,7 veces hacia el año 1980, y 10,3 veces hacia el año 2000. Alrededor del 60 % de la fuerza de trabajo alemana trabajaba en la agricultura hacia 1900, en 1950 esta había disminuido a 24 %, y era solo de 3 % hacia el año 2000.

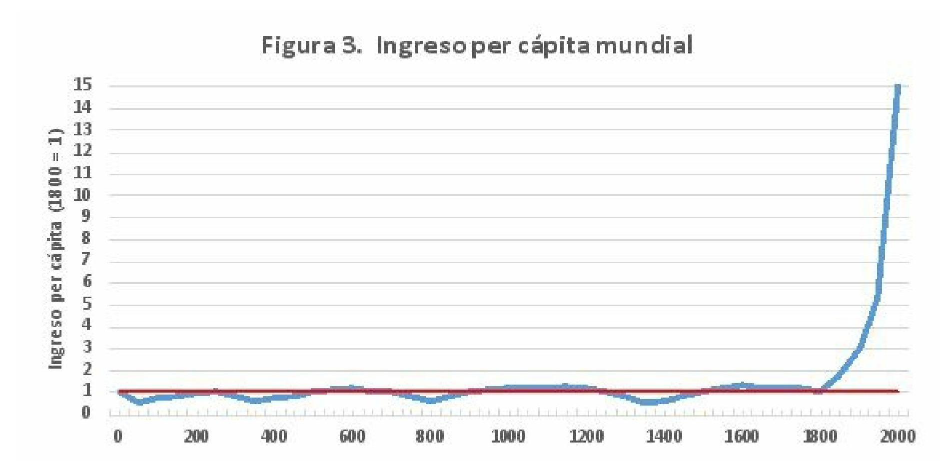
Japón es un ejemplo extraordinario de desarrollo tardío, pero a un ritmo muy acelerado. En 1870 su PIB per cápita era sólo un 23 % del de Inglaterra. En 1900, el PIB per cápita de Japón había crecido 1,6 veces el nivel de 1870, 3,9 veces hacia 1940, 18,2 veces hacia 1980, y 28,1 veces hacia el año 2000. En el año 1980, el PIB per cápita de Japón alcanzó al de Inglaterra. Alrededor del 71 % de la fuerza de trabajo japonesa trabajaba en la agricultura hacia el año 1900, y en 1950 esta había disminuido al 48 %, y el año 2000 era alrededor del 5 %.

Rusia es un ejemplo de desarrollo lento y tardío. En 1870, su PIB per cápita era un 30 % del PIB per cápita de Inglaterra. Hacia 1900 su PIB per cápita era 1,4 veces el de 1870, 2,2 veces hacia 1940, 6,7 veces en el año 1980, y de ahí retrocedió a 4,7 veces hacia el año 2000. El PIB per cápita de Rusia en el año 2000 era solo de un 22 % del PIB per cápita de Inglaterra, por lo que retrocedió en términos relativos. Hacia 1900, más del 80 % de su fuerza de trabajo laboraba

en la agricultura, en 1950 esta proporción era de un 45 %, y hacia el año 2000 era de 14 %.

China es un ejemplo de desarrollo muy reciente. En 1870, su PIB per cápita era un 17 % del PIB per cápita de Inglaterra. En 1900, su PIB per cápita había aumentado sólo un 1% en esos treinta años, y hacia 1940 el nivel era solo un 6 % más alto que el 1870. En esos 70 años, China fue una economía estancada en términos per cápita. Hacia 1980, luego de las reformas maoístas, el PIB per cápita había retrocedido un 13 % con respecto al nivel de 1870. Sin embargo, gracias a las reformas de Deng Hsiao Ping, hacia el año 2000, dio un "salto" espectacular, con un PIB per cápita que era 2,8 veces el de 1870, y en 2018 este alcanzaba a 12,5 veces. Más del 70 % de la fuerza de trabajo laboraba en la agricultura hacia 1950, y hacia el año 2000 había disminuido al 50 %.

Un ejemplo de desarrollo latinoamericano es Chile. Hacia 1870, su PIB per cápita era un 17 % del de Inglaterra, muy parecido al de China en ese año. En 1900, su PIB per cápita había aumentado 1,4 veces, y hacia 1940 en 3 veces. En 1980, su PIB per cápita era 5,2 veces el nivel de 1870, y hacia el año 2000 era de 9,9 veces. En este último año, su PIB per cápita era un 27,2 % del de Inglaterra, por lo que logró avanzar en términos relativos. Hacia 1850, un 50 % de la fuerza de trabajo laboraba en la agricultura, que disminuyó a 44 % hacia 1900, 35 % en 1950, y 11 % en el año 2000.

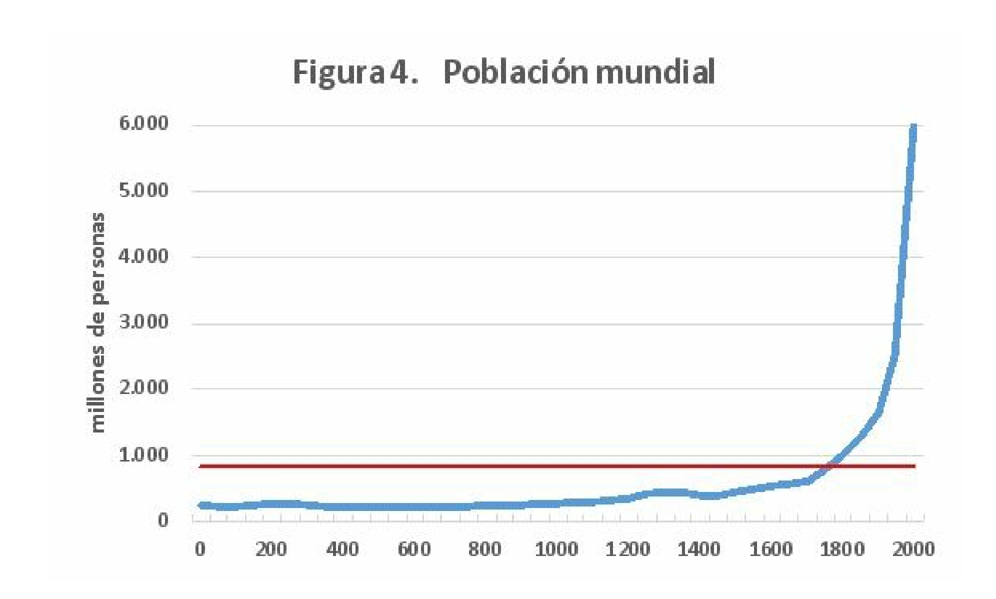


Existe un marcado contraste entre un PIB per cápita estacionario, que tiende a permanecer constante en el tiempo, y un PIB per cápita creciente de los países que experimentaron la Revolución Industrial. Esto marca un verdadero quiebre histórico, de economías agrícolas sujetas a una "trampa Malthusiana" y economías industriales con PIB per cápita crecientes, como se observa en la figura 3.[8]

Uno de los objetivos del estudio de Desarrollo Económico consiste en entender los mecanismos, mediante los cuales, las distintas economías emprendieron este proceso que llevó a incrementar el ingreso per cápita mundial hacia el año 2000 en quince veces el nivel que tenía en 1800, y lograr niveles de bienestar general sin precedentes.

Otro importante objetivo del estudio del Desarrollo Económico es entender la gran explosión de la población humana que ocurrió a partir de la Revolución Industrial. Hacia el año 1 DC, la población mundial era de alrededor de 230 millones de habitantes. Tuvieron que pasar 1100 años para superar los 300 millones., y otros 500 años más para superar los 500 millones. Hacia el año 1750, la población mundial era un poco menor de 800 millones de habitantes. Sin embargo, a partir de la Revolución Industrial, la población humana explotó: Hacia 1850 habían, en el mundo, 1.262 millones de habitantes; hacia 1900, 1.650 millones; hacia 1950, 2.518 millones; y

hacia el año 2000; 6.071 millones (Ver figura 4). Entender las causas de este proceso, su evolución probable a futuro, y los factores que influyen, es fundamental para el bienestar de la humanidad.



Referencias del Capítulo

- Carlo Cipolla, "Historia Económica de la Población Mundial", Abril de 1989, Editorial Grijalbo.
- Gregory Clark, "A Farewell to Alms", 2007, Princeton University Press.
- Raymond Goldsmith, "An Estimate of the Size and Structure of the National Product of the Early Roman Empire", September 1984, Review of Income and Wealth.
- Erik Haindl, "Las Civilizaciones y las Leyes de la Historia", Octubre de 2011, Editorial Gabriela Mistral.
- Angus Maddison, "Phases of Capitalist Development", 1982, Oxford University Press.
- Angus Maddison, "The World Economy. A Millenial Perspective", 2006, OECD publishing, Paris.
- Peter Temin, "The Economy of the Early Roman Empire", 2005, Draft.

CAPITULO 2 CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El estudio del Desarrollo Económico se refiere en particular a estudiar y analizar todos los aspectos de la transición de una economía agrícola a una economía industrializada, y su proyección hacia el futuro. Por definición, esta es una materia compleja, que engloba muchos aspectos diferentes.

En este capítulo se discute acerca de las diferencias que existen entre los conceptos de crecimiento y desarrollo, las diferentes definiciones de desarrollo económico, y los indicadores que se han propuesto para medirlo.

2.1 Crecimiento Económico

El crecimiento económico es el concepto más simple, directo y medible. Gracias al desarrollo de las cuentas nacionales, existe una forma bastante consensuada para medir el Producto Interno Bruto (PIB) de una economía, a precios constantes de un año base.

El crecimiento de un año se define como la variación en el PIB total a precios constantes. De esta forma, si el PIB de un año, valorizado a precios constantes, es mayor que el PIB del año anterior, se dice que la economía experimentó crecimiento positivo.

Si la economía produjera bienes Q1 y Q2, los PIB del periodo 1 y 2, valorados a precios del año 0, serían:

$$PIB_1 = P_1^0 \cdot Q_1^1 + P_2^0 \cdot Q_2^1$$

$$PIB_2 = P_1^0 \cdot Q_1^2 + P_2^0 \cdot Q_2^2$$

$$Crec = \frac{PIB_2}{PIB_1} - 1$$

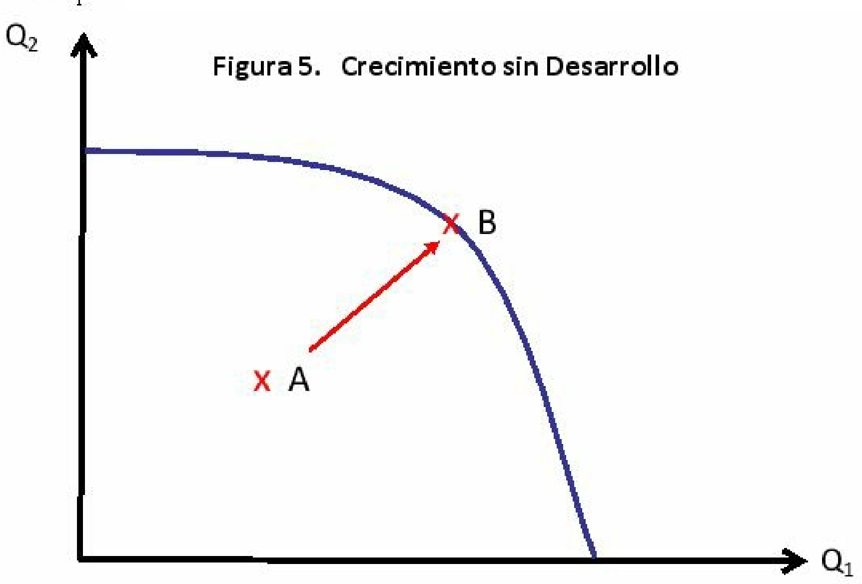


Figura 5. Crecimiento sin Desarrollo

El crecimiento muestra solo parte de la película, ya que un país puede crecer sin desarrollarse. En el corto plazo, crecimiento y desarrollo no son lo mismo. En la figura 5 se muestra un ejemplo de una economía, que se está recuperando de una recesión y se mueve del

punto A al punto B. Esta economía experimenta crecimiento, pero como la curva de transformación no ha cambiado, no hay desarrollo.

2.2 Desarrollo Económico

Respecto a la definición del Desarrollo Económico, existen cuatro definiciones distintas en la literatura:

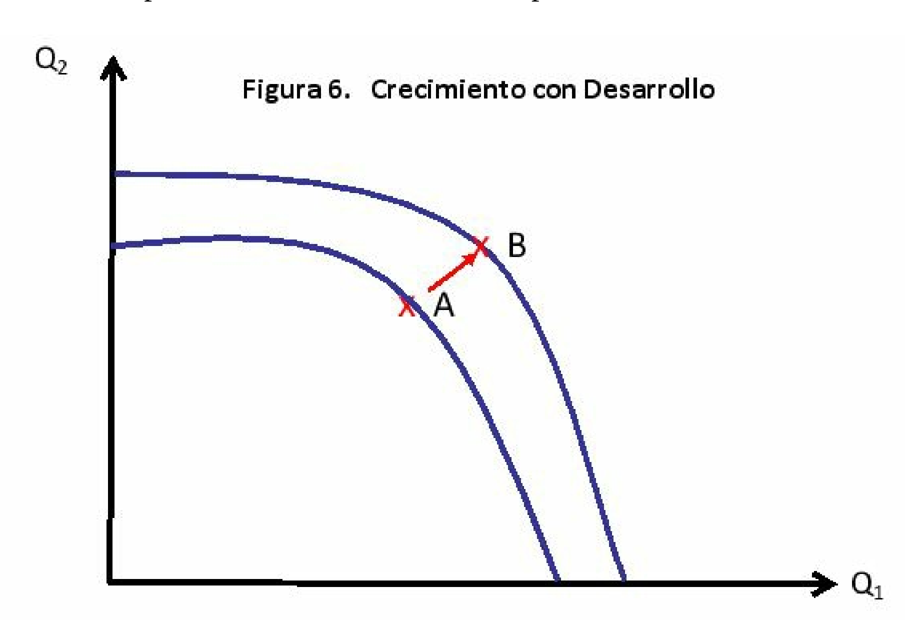
Definición 1: Curva de Transformación

> *"El desarrollo es el proceso sostenido de crecimiento en el ingreso per cápita"*

Esta es la definición más común y conceptualmente relaciona el desarrollo con la expansión de la curva de transformación de la economía. En primer lugar, identifica el desarrollo con un "proceso de crecimiento sostenido". No puede haber un proceso de crecimiento sostenido, sin que la curva de transformación de la economía también se expanda. En segundo lugar, este proceso de crecimiento sostenido tiene que ser en el ingreso per cápita. Ello requiere que el ingreso total crezca más rápido que la población total. En la literatura económica esto se conoce como "crecimiento intensivo".

Si el ingreso total crece lo mismo que la población total, entonces el ingreso per cápita permanece constante. Esto se conoce en la literatura económica como "crecimiento extensivo". Esto es lo que se observaba en las economías agrícolas y no es desarrollo económico.

En la figura 6 se presenta un ejemplo de una economía que se desarrolla, pasando de un punto A a un punto B, que se encuentra sobre una nueva curva de transformación más alta. El punto B no sería posible de alcanzar si no se expande la curva de transformación.



Definición 2: Incremento de habilidades productivas

"El desarrollo económico es el proceso mediante el cual una sociedad incrementa sus habilidades productivas"

Esta definición se basa en que los países que se desarrollan deben incrementar sus habilidades productivas, su tecnología, sus capacidades de organización, y sobre todo ser capaces de transformar lo que producen, generando nuevos bienes más sofisticados. Esta definición del desarrollo requiere que las economías sean cada vez más capaces de producir bienes sofisticados y complejos.

Muchos países basaron su crecimiento económico en el siglo XIX en la exportación de sus abundantes recursos naturales, agrícolas y minerales. Incluso países que hoy están desarrollados, como Estados Unidos, Australia, y Finlandia, siguieron este camino, al menos en un principio.

Si una economía tiene pocas habilidades productivas, y descansa en sus recursos naturales, o bien en productos que requieren mano de obra barata, no solo obtienen un ingreso per cápita bajo, sino que en el largo plazo ni siquiera están seguras de que lo que están produciendo va a seguir siendo valioso.

Los adherentes a esta definición, normalmente distinguen mucho acerca de que bienes son capaces de producir las distintas economías, favoreciendo la adopción de aquellos bienes que utilicen tecnologías avanzadas y sofisticadas. No les da lo mismo si las exportaciones de un país son basadas en recursos naturales, o si estas son productos manufacturados de alta sofisticación. Un caso de política de desarrollo basado en este concepto, es el de Japón, que se propuso llegar a liderar las exportaciones en tres sectores productivos: los automóviles, la electrónica, y la industria química. Los recursos de apoyo del Estado se dirigieron en forma concentrada hacia estos sectores, con bastante éxito. Corea del Sur también implementó políticas similares.

El ejemplo de Chile, que basó su desarrollo en la exportación de salitre natural a comienzos del siglo XX es dramático. Cuando se descubrió el proceso de Haber-Bosch para fabricar salitre sintético, el precio del salitre natural se derrumbó, lo que provocó la caída de la base misma en que se sustentaba su crecimiento exportador. Esto derivó en una profunda crisis y el cierre de su economía.

Esta definición enfatiza que tener una fuerza de trabajo capaz lidiar con las tecnologías más modernas, ser capaz de organizarse de manera eficiente, y que tenga habilidades para producir bienes complejos y sofisticados es la base para desarrollarse.

Definición 3: Cambio en las estructuras económicas y sociales

"El desarrollo económico es el proceso que se caracteriza por el cambio en las estructuras económicas y sociales"

Esta definición hace énfasis en la transformación cualitativa y cuantitativa y en los cambios que implica el proceso de industrialización. El desarrollo no consiste solamente en aumentar el ingreso per cápita, manteniendo intacta la estructura productiva. Al contrario, es un proceso de

cambios radicales en la estructura de la economía, que se manifiesta también en cambios sociales.

En la figura 7, se indican los principales cambios asociados a la transformación de una economía agrícola en una economía industrial.

En primer lugar, hay un cambio en la estructura productiva en que disminuye la importancia de la agricultura y aumenta la importancia de la industria y los servicios a medida que se desarrolla la economía.

En segundo lugar, la población agrícola que vive en el campo, debe migrar a las zonas urbanas, donde se localiza la industria y los servicios. Esto da origen a una enorme migración campo – ciudad, lo que a su vez lleva al crecimiento de las ciudades.

En tercer lugar, la población rural agrícola tiene bajos niveles de educación y es casi analfabeta. El proceso de desarrollo debe ser capaz de eliminar el analfabetismo en primer lugar, y luego ser capaz de educar a la población para que sea capaz de lidiar con tecnologías más complejas y se adapte bien al proceso productivo.

En cuarto lugar, la población de las economías agrícolas posee altas tasas de mortalidad y bajas expectativas de vida. Con el proceso de desarrollo se genera un aumento en los ingresos, que permite mejor alimentación y mayores niveles de nutrición. Si esto se complementa con los progresos en la medicina, se obtienen grandes bajas en las tasas de mortalidad y un aumento fuerte en las expectativas de vida.

Figura 7. Cambio en las Estructuras Económicas y Sociales

AGRICULTURA, PESCA Y PASTOREO	Industrialización →	INDUSTRIA Y SERVICIOS
POBLACIÓN RURAL	Migración campo-ciudad →	POBLACIÓN URBANA
POBLACIÓN CASI ANALFABETA	Educación →	POBLACIÓN EDUCADA
ALTA MORTALIDAD Y BAJAS EXPECTATIVAS DE VIDA	Salud y Nutrición →	BAJA MORTALIDAD Y ALTAS EXPECTATIVAS DE VIDA
POBREZA ES GENERALIZADA	Aumento de Ingresos →	ALTO STANDARD DE VIDA
TRADICIÓN Y COSTUMBRES	Enfoque Científico →	CAMBIO Y ACTITUD CIENTÍFICA
BAJA O NULA MOVILIDAD SOCIAL	Meritocracia →	ALTA MOVILIDAD SOCIAL
PODER: NOBLEZA Y TERRATENIENTES	Revolución Política →	PODER: BURGUESÍA Y CLASE MEDIA

En quinto lugar, con ingresos tan bajos la pobreza es generalizada en las economías agrícolas. Con el desarrollo económico crecen los ingresos de la población, y los países tienen recursos para dirigir el gasto social para aliviar la pobreza. El ideal de una sociedad desarrollada es que todos sus miembros tengan un buen standard de vida, y hayan eliminado la pobreza.

Una sociedad agrícola normalmente se rige por la tradición y las costumbres y mira las innovaciones con desconfianza. Es importante lograr un cambio en esta mentalidad, educando a la población en el enfoque científico de las cosas. En una sociedad industrial, el cambio y la innovación deben ser bienvenidos, y la actitud científica debe predominar.

Una sociedad agrícola posee baja movilidad social. El que nace pobre, muere pobre; y el que nace rico, muere rico. Una sociedad industrial debe basarse en el mérito, y las oportunidades deben estar abiertas a todos. Una persona pobre talentosa bien puede morir rica; y una persona rica con bajo talento, bien puede morir pobre. En la sociedad industrial, la movilidad social es alta.

Por último, en las sociedades agrícolas, el poder político normalmente está concentrado en la nobleza hereditaria y en los terratenientes, que son los que detentan el grueso de la riqueza. En

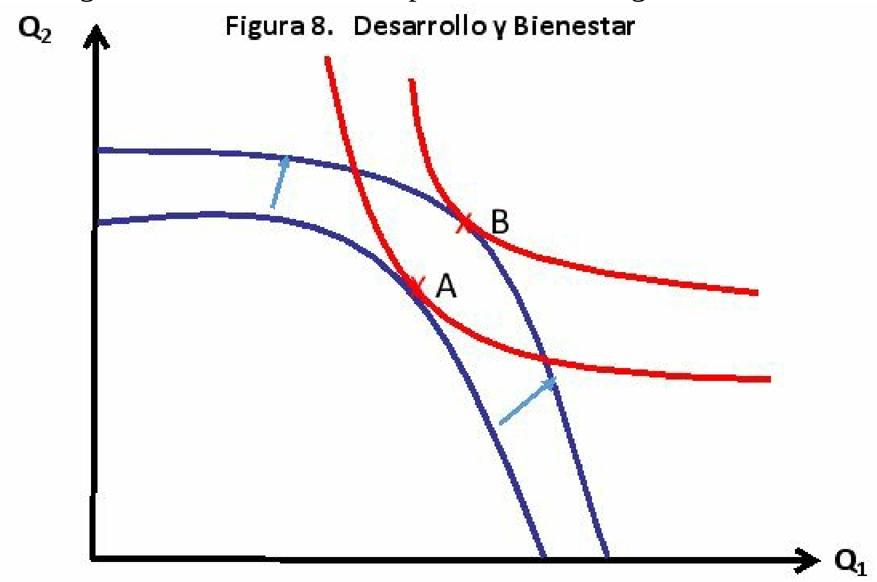
una sociedad industrial, el poder político se concentra en una burguesía capitalista, que concentra la riqueza, y una clase media que tiene el poder decisivo del voto. Durante el proceso de desarrollo se produce un traspaso de poder – pacífico o no – entre estos grupos, lo que muchas veces da pie a varias revoluciones políticas.

Definición 4: Aumento en el Bienestar

> *"El desarrollo económico es el proceso mediante el cual aumenta el bienestar de la población"*

Esta definición equipara el desarrollo económico con aumentos en el bienestar. Por el lado positivo, esto convierte la obtención del desarrollo económico en el máximo objetivo político y social.

La lógica de esta definición se puede ver en la figura 8.



En la medida que se expande la curva de transformación de la economía, lo normal es que se alcancen niveles de bienestar más altos, como se observa al pasar del punto A al punto B.

El problema es que está definiendo el desarrollo económico a través de sus consecuencias probables (aumento en el bienestar) y no de sus causas (expansión de la curva de transformación). Al identificar el desarrollo económico con la "felicidad" se introducen más confusiones que beneficios. Esto es especialmente cierto, ya que junto con mayor producción de bienes y servicios se producen algunos "des-bienes": mayor contaminación, mayor congestión, más ruido, y mayor criminalidad. Si estos des-bienes producen "infelicidad", se pueden obtener resultados contradictorios. El uso de esta definición incluso ha sido adoptado como política oficial en algunos países. Es el caso del reino de Bhután, cuyas autoridades declararon que su objetivo principal era aumentar la "felicidad" de la población, y en lugar de medir el PIB per cápita, tratan de medir la "felicidad per cápita". Como la "felicidad" es difícil de medir en forma directa, el uso de esta definición es muy poco operativa. Por el contario, el PIB per cápita es

medible en forma directa a través de un sistema de cuentas nacionales.Además, se puede llegar al absurdo de considerar que los habitantes de Bora-Bora, una idílica y "sub-desarrollada" isla de la Polinesia, son más desarrollados que los habitantes de Nueva York, ya que son más felices. La "felicidad" de la población es mejor dejarla en la rama de la "economía del bienestar" (Welfare economics).

2.3 Indicadores de Desarrollo Económico

Para medir cuan avanzado se encuentra un país en su marcha hacia el desarrollo económico se utilizan varios indicadores. Los más utilizados son los siguientes:

PIB per cápita

Es el indicador más utilizado. Se compara la evolución del PIB per cápita a precios de un año base a través del tiempo, para verificar como una economía se ha ido desarrollando, o bien se compara el PIB per cápita de diferentes países, ajustando sus tipos de cambio para que reflejen un poder de compra comparable (Purchasing Power Parity adjustment o PPP).

El primer trabajo extensivo de comparación entre países a nivel mundial fue realizado por el profesor Angus Maddison (1995). Él y su equipo midieron los PIB de los diferentes países en dólares de 1990 (Geary-Khamis US$ de 1990).

En el cuadro 2 se indican algunos resultados de las comparaciones de PIB per cápita de Maddison. Se observa que las economías agrícolas puras, como la India en 1870, tienen ingresos per cápita del orden de US$ 400/persona al año (GK US$ de 1990). Este sería un nivel de economía agrícola o "sub-desarrollado".

Por otro lado, un PIB per cápita de una economía industrial o "desarrollada" está alrededor de los GK US$ 15.000/persona al año. Este nivel lo sobrepasan actualmente la mayoría de los países de Europa, Estados Unidos y Japón. Por lo tanto, el tránsito típico al desarrollo implica un incremento en el PIB per cápita de 37,5 veces. Con un ritmo de crecimiento normal, este proceso debería tardar en torno a los 200 años. Por ello, el estudio del desarrollo económico, necesariamente debe tomar una perspectiva de largo plazo, en que los cambios ocurren en forma gradual.

Cuadro 2. PIB per cápita de algunos paises
(GK US$ de 1990/persona)

	1870	1913	1929	1940	1960	1980	2000	2016
Inglaterra	3.191	4.921	5.300	6.856	8.645	12.931	20.353	23.861
Estados Unidos	2.053	4.452	5.794	6.399	11.489	18.914	29.697	34.544
Alemania	1.839	3.648	4.051	5.403	7.705	14.114	18.944	22.470
Italia	1.499	2.564	3.093	3.505	5.916	13.149	18.774	17.630
Rusia	953	1.519	1.386	2.144	3.945	6.427	4.454	8.212
Japón	737	1.387	2.026	2.874	3.986	13.428	20.742	23.486
China	530	552	562	448	400	459	1.481	5.876
India	400	489	529	450	548	682	1.370	3.365
Africa	500	637	ND	ND	1.070	1.402	1.670	2.517
México	674	1.732	1.757	1.852	3.155	6.320	7.275	8.449
Brasil	713	811	1.137	1.250	2.335	5.198	5.556	6.565
Argentina	1.311	3.797	4.367	4.161	5.559	8.206	8.544	10.636
Chile	561	1.116	1.559	1.700	2.258	2.929	5.546	8.700
Mundo	874	1.524	ND	ND	2.775	4.521	6.053	9.147

Fuente: Maddison (1995). Datos de 2000 y 2016 de acuerdo a FMI.

Un punto intermedio bastante importante ocurre cuando las economías sobrepasan el nivel de GK US$ 3.000/persona, en que el proceso de industrialización y transformación está bastante avanzado. Este era el nivel de Inglaterra hacia el 1870. Se puede considerar a las economías con un PIB per cápita sobre los GK US$ 3.000, como economías en vías de desarrollo.Algunas de las economías más avanzadas del mundo, como Estados Unidos, han superado un PIB per cápita de

GK US$ 30.000. Podría considerarse este nivel como una nueva etapa de desarrollo, una “sociedad post-industrial”, en que la industria manufacturera es reemplazada por sectores informáticos y de inteligencia artificial. A esta nueva etapa se dirigen las economías más avanzadas del mundo.

Muchas veces se efectúan comparaciones de PIB per cápita entre países, simplemente dividiendo el PIB total en moneda corriente por la población y por el tipo de cambio observado. Esto es incorrecto, ya que el resultado es muy sensible a variaciones en los términos de intercambio y en el tipo de cambio real. Un país que experimente un shock positivo en los términos de intercambio y caída en el tipo de cambio real, puede ver incrementado su PIB per cápita en dólares en forma significativa, sin que la curva de transformación haya cambiado en absoluto. Esto le ocurrió, a partir de 1975, a los países exportadores de petróleo, por ejemplo.

También se ha criticado este indicador, ya que hay bienes que no pasan por el mercado, como el trabajo de las dueñas de casa, o la auto-provisión de alimentos y vestuario. Ello puede subestimar en forma importante el verdadero PIB per cápita de los países menos desarrollados.

Otra crítica que se ha hecho a este indicador, especialmente por parte de aquellos que siguen la definición 4, es que no se cuantifican los des-bienes, que deberían ser restados del PIB per cápita, para efectos de comparación.

Distribución del Ingreso

Otra de las críticas que se hace al PIB per cápita es que solo indica el promedio de la población, y no como está distribuido entre las familias. Un PIB per cápita más alto de un país, pero distribuido en forma más desigual, con respecto a otro país, podría significar que las familias pobres del primer país vivan peor que las del segundo.

Para ver esta situación, se han sugerido varios indicadores. Un criterio, utilizado por el Banco Mundial durante muchos años, fue verificar que porcentaje del ingreso nacional era captado por el 40 % de las familias más pobres, cuanto era obtenido por el 40 % intermedio, y cuanto era ganado por el 20 % superior.

El Banco Mundial consideraba que los países presentaban una alta desigualdad en la distribución de los ingresos, si el 40 % más pobre de las familias captaba menos del 13 % del ingreso nacional. La desigualdad en la distribución de ingresos era intermedia, si el 40 % intermedio obtenía entre el 13 % y el 17 % del ingreso nacional. Por otro, lado, se consideraba de baja desigualdad en la distribución de ingresos, aquellos países en que el 40 % de las familias más pobres ganaba más del 17 % del ingreso nacional.

En el cuadro 3 se presentan resultados para algunos países según este criterio, para encuestas de distribución de ingresos tomadas entre 1963 y 1970. Se observa que los países latinoamericanos aparecían sobre-representados entre aquellos con mayor desigualdad. Es el caso de Ecuador en 1970 y Perú en 1971, en que el 40 % más pobre obtenía tan sólo el 6,5 % del ingreso nacional. El promedio de las familias del 40 % más pobre ganaba menos de un sexto del ingreso per cápita promedio del país.

Los países europeos aparecían dentro de los que tenían baja desigualdad, o desigualdad intermedia. Dentro de los países con desigualdad intermedia aparecía Suecia en 1963, donde el 40 % de las familias de las familias más pobres obtenía alrededor del 14 % del ingreso nacional. El ingreso promedio de las familias pertenecientes a este 40 % más pobre era igual a un tercio del ingreso per cápita promedio del país. Resulta interesante comprobar que, en este caso, el 40 % de las familias intermedias tenía un ingreso promedio aproximadamente igual al ingreso

promedio del país. Es importante notar, que estas cifras son antes de impuestos y transferencias del Estado. En el caso de Suecia, que tenía un fuerte Estado Benefactor en esa época, modificaba los ingresos del mercado, con impuestos y transferencias, para lograr un resultado final mucho más igualitario.

Estados Unidos tenía en 1970 una distribución de ingresos bastante igualitaria. El 40 % de las familias más pobres obtenía casi el 20 % del ingreso nacional. Esto implicaba que el ingreso promedio de las familias del 40 % más pobre era igual a la mitad del ingreso per cápita promedio del país.

Cuadro 3. Distribución del Ingreso en países seleccionados
(% del Ingreso Nacional)

	año	40 % más pobre	40% intermedio	20 % más rico
ALTA DESIGUALDAD				
Sud-África	1965	6,2	35,8	58,0
Ecuador	1970	6,5	20,0	73,5
Perú	1971	6,5	33,5	60,0
Venezuela	1970	7,9	27,1	65,0
Brasil	1970	10,0	28,4	61,6
DESIGUALDAD INTERMEDIA				
Chile	1968	13,0	30,2	56,8
Holanda	1967	13,6	37,9	48,5
Puerto Rico	1968	13,7	35,7	50,6
Suecia	1963	14,0	42,0	44,0
Alemania Federal	1964	15,4	31,7	52,9
Argentina	1970	16,5	36,1	47,4
BAJA DESIGUALDAD				
Uganda	1970	17,1	35,8	47,1
España	1965	17,6	36,7	45,7
Gran Bretaña	1968	18,8	42,0	39,2
Estados Unidos	1970	19,7	41,5	38,8
Japón	1963	20,7	39,3	40,0
Polonia	1964	23,4	40,6	36,0
Hungría	1969	24,0	42,5	33,5
Checoeslovaquia	1964	27,6	41,4	31,0

Fuente: Montek Ahluwala (1974)

En la década del 60, la economía de mercado más igualitaria en cuanto a distribución de ingresos era de la Japón, en que el 40 % de las familias más pobres captaba el 20,7 % del ingreso nacional.

Economías más igualitarias que esa, eran las del bloque socialista de Europa Oriental. La más igualitaria, que fue posible medir, fue Checoeslovaquia en 1964, en que el 40 % de las familias más pobres, captaba alrededor del 27,6 % del ingreso nacional.

Otro criterio ampliamente utilizado para medir la distribución de ingresos, es construir la curva de Lorenz, que grafica el porcentaje acumulado del ingreso nacional comparado con el porcentaje acumulado de la población. En la figura 9 se presenta la curva de Lorenz construida para la economía chilena en 2017.[9]

Figura 9. Curva de Lorenz para Chile en 2017

La diagonal representaría una distribución de ingresos perfectamente igualitaria. En base a esto se calcula el coeficiente de Gini, comparando el área A (entre la diagonal y la curva de Lorenz) y el área A + B (toda el área bajo la diagonal). Un valor cercano a cero del coeficiente Gini indica una igualdad absoluta, y un valor cercano a uno, una desigualdad extrema.

$$Gini = \frac{A}{A+B}$$

En el ejemplo de Chile del año 2017, el coeficiente de Gini fue de 0,502, que se considera de alta desigualdad. A nivel mundial se considera que un índice de Gini entre 0,2 y 0,35 refleja países con muy baja desigualdad, como la que se ve en varios países europeos.

Por otro lado, índices de Gini superiores a 0,6 indican muy fuertes desigualdades en la distribución de ingresos. En la década del 2000, éstos se concentraron principalmente en el sur de África (Botswana, Madagascar, Namibia y Sud-África).

Un índice de Gini cercano a 0,5 indica una distribución de ingresos con alta desigualdad. Estos coeficientes se observan en la mayor parte de los países latinoamericanos en la década del 2000 (Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Honduras, Panamá, y Paraguay).

Pese a que es muy utilizado, el índice de Gini posee curvas de bienestar social implícitas muy mal comportadas, por lo que no es un índice apropiado para reflejar una curva de bienestar social, propiamente tal. Más bien resulta un cálculo ad-hoc, con poca base teórica.

En este sentido, es muy superior el índice de Atkinson, que desafortunadamente es poco conocido, y requiere introducir explícitamente el coeficiente de aversión a la desigualdad (ε) para juzgar si una distribución del ingreso es mejor que otra. La fórmula para el cálculo de del índice de Atkinson (A) es la siguiente:

$$A = 1 - \frac{1}{\mu}\left(\sum_{i=1}^{N} y_i^{1-\varepsilon}\right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$ para ε ≠ 1

$$A = 1 - \frac{1}{\mu}\left(\prod_{i=1}^{N} y_i\right)^{\frac{1}{N}}$$ para ε = 1

En que μ representa el ingreso per cápita promedio, y ε es el coeficiente de aversión a la

desigualdad. Variando el coeficiente ε se puede generar toda una familia de curvas de bienestar sociales.

Si ε = 0, entonces siempre A = 0, y no importa la distribución de ingresos que se tenga. Esta función sería apropiada para una sociedad que no le importe la distribución de ingresos, y solo se preocupe por incrementar el ingreso promedio.

En el otro extremo, si ε → ∞, entonces se llega a un criterio Rawlsiano, en que el bienestar de la sociedad es igual al bienestar del individuo más pobre.

Con ε > 0, se tiene un trade-off entre el nivel de ingresos y la distribución de éstos. La función de bienestar social (W) asociada sería igual a:

$$W = \mu \cdot (1 - A)$$

Con ello se podrían comparar en términos de bienestar social, situaciones que involucren niveles de ingreso diferentes, así como distintas distribuciones de ingreso.

La “U” de Kuznets

Al comparar la evolución de ingresos a lo largo del tiempo, el premio Nobel de economía, Simon Kuznets (1955), notó una regularidad para las economías que se habían desarrollado. Tanto Estados Unidos, como Inglaterra y otros países europeos, presentaban bajos niveles de desigualdad cuando comenzaron su desarrollo. A medida que se desarrollaban, sus niveles de desigualdad aumentaron en forma notable. Esto continuó así durante muchas décadas, en que estos países aumentaban sus niveles de ingreso per cápita, pero estos estaban distribuidos en forma cada vez más desigual.

Sin embargo, este proceso no continuó indefinidamente. Se llegó a un punto de desigualdad máxima, en niveles de ingreso intermedios, y luego el proceso se reviertió. A partir de ese punto, las economías crecieron con una distribución de ingreso que se fue haciendo cada vez más igualitaria. Cuando llegaron al desarrollo, estos países tenían una distribución de ingreso con baja desigualdad.

Kuznets asoció este fenómeno a la migración campo-ciudad, y al traspaso de trabajadores agrícolas de baja productividad a trabajadores industriales de productividad más elevada.

También hay evidencia de este fenómeno en los países de rápido crecimiento, como China comunista. Los impresionantes ritmos de crecimiento de China, luego de las reformas de Deng Hsiao Ping, generaron un “salto” importante en los ingresos medios de la población. Sin embargo, los indicadores de distribución de ingreso se deterioraron, pese a estar gobernado por un Partido Comunista, que da a la igualdad de ingresos gran importancia.

Figura 10. Participación del 40% más pobre

Los datos de corte transversal son consistentes con la “U” de Kuznets. Las distribuciones de ingreso más igualitarias se observan en el África, entre los países más pobres, y entre los países europeos más desarrollados. Por otro lado, las economías latinoamericanas de ingreso intermedio, son las que presentan los mayores niveles de desigualdad.

En la figura 10 se muestran los datos de corte transversal para el ingreso obtenido por el 40 % de las familias más pobres, según los datos del Banco Mundial para 2008-2010, y ellos son consistentes con la hipótesis de la “U” de Kuznets. Se observa si, una alta varianza en los datos, lo que sugiere que puede haber muchos otros factores en juego, en especial, políticas deliberadas implementadas por los países en este respecto.

El trabajo de Williamson (2005), que calculó un índice de Gini para Inglaterra entre 1820 y 1915 también muestra en este caso una “U” de Kuznets invertida. El Gini de 1820 en Inglaterra era alrededor de 0,4, lo que indica una distribución de ingresos razonablemente igualitaria. Entre 1820 y 1870, la distribución de ingresos se fue deteriorando sistemáticamente, hasta llegar a un peak en este último año. El coeficiente Gini de Inglaterra en 1870 fue de 0,63, que se considera extremadamente desigual. Entre 1870 y 1915, el índice de Gini fue disminuyendo sistemáticamente. En 1890 era alrededor de 0,55 (similar al de las economías latinoamericanas actuales) y hacia 1900 había disminuido a 0,45. En 1915 era de 0,34, lo que hoy día se considera de muy baja desigualdad.

La “U” de Kuznets ha sido fuertemente criticada por Tomas Picketty y Joseph Stiglitz básicamente, porque en los últimos años, la economía de Estados Unidos ha visto incrementada fuertemente sus niveles de desigualdad. Obviamente esto se ha producido por un gran cambio tecnológico asociado a las tecnologías de informática e inteligencia artificial, que son fuertemente ahorradoras de trabajo.

En mi opinión, esta crítica a la “U” de Kuznets no es válida, ya que la curva se cumplió

perfectamente para la transición entre una economía agrícola “sub-desarrollada” a una economía industrial “desarrollada”.

Lo que está experimentando ahora Estados Unidos es una nueva transición de una economía industrial a una economía post-industrial. Es una transición hacia un nuevo nivel de desarrollo post-industrial, que probablemente tiene asociada transformaciones tecnológicas que sustituyen trabajo por capital, “robotización”, y vuelven a deteriorar la distribución de ingreso en la transición. En cierta forma, es una segunda “U” de Kuznets, después de haber completado la primera. La hipótesis sería que este deterioro en la distribución de ingresos debería tocar fondo en un futuro, para mejorar de ahí en adelante. Otra implicación de esta segunda “U” hacia un desarrollo post-industrial, es que las economías europeas más avanzadas, que hoy día gozan de una distribución de ingresos bastante igualitaria, deberían ver deteriorarse esta situación en la medida que también comiencen a transitar hacia una economía post-industrial.

Pobreza

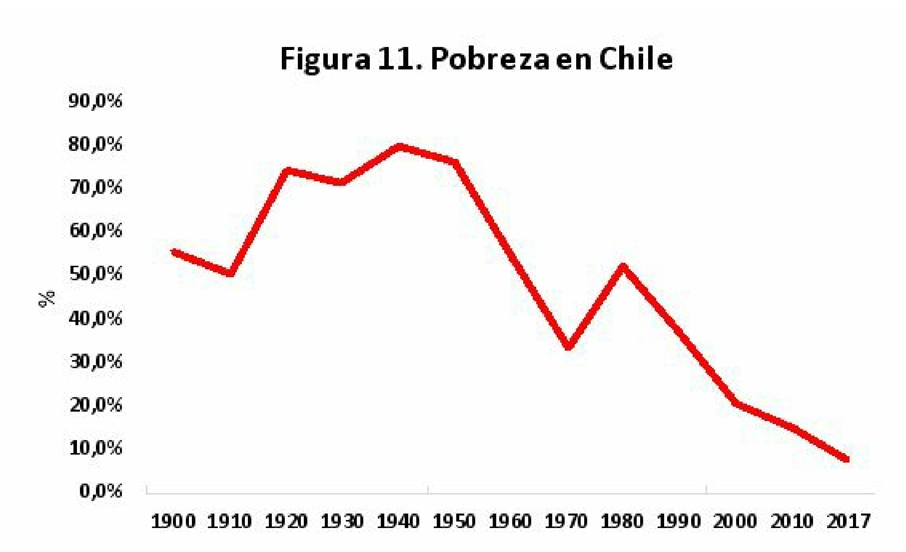
Otro indicador de desarrollo, que tiene méritos por sí mismo, es el porcentaje de la población que vive en la pobreza absoluta. La pobreza absoluta se refiere a no tener un ingreso suficiente para poder satisfacer las necesidades básicas mínimas: alimentarse, vestirse y guarecerse de la intemperie.

La literatura siempre se refiere a las condiciones extremas que experimentan los hombres cuando llegan a la pobreza absoluta: tener que robar pan para alimentarse (Los Miserables de Víctor Hugo), tener que cocinar tierra para calmar el estómago (La buena Tierra de Pearl Buck), o tener que abandonar a los hijos en el bosque por no poder alimentarlos (Hansel y Gretel).

En las economías agrícolas, la pobreza es generalizada, y la gran promesa de poder alcanzar el desarrollo, es que las sociedades que lo logran, sean capaces de eliminar totalmente la pobreza absoluta.

La metodología standard para medir la pobreza, es calcular una canasta básica de alimentos mínimos para una familia, que cumpla con los nutrientes y calorías requeridos para una buena alimentación; determinar que fracción del ingreso destinan las familias pobres a alimentación; para calcular un ingreso mínimo necesario para superar la pobreza. Este ingreso mínimo se compara con los ingresos efectivos de la población, y se ve que porcentaje de ellos no alcanza a llegar a ese nivel.

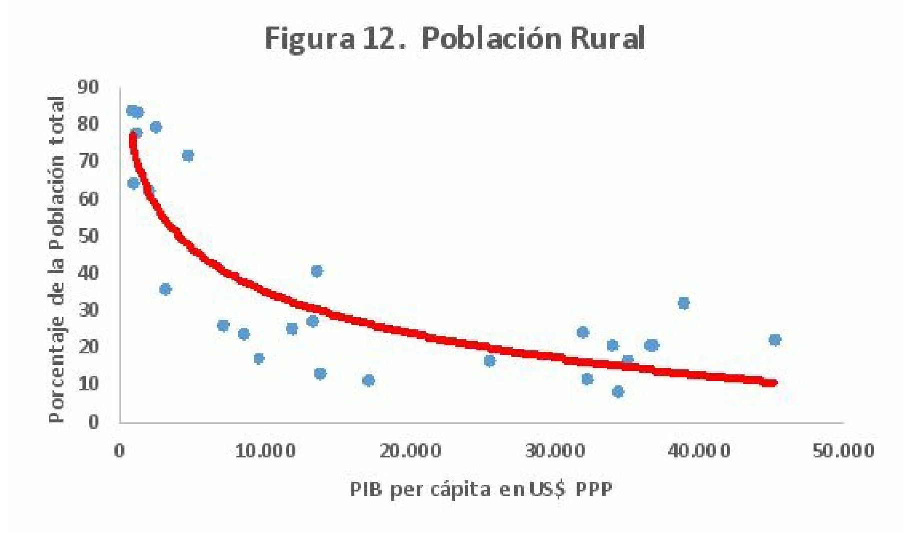
En el caso de Chile, la CEPAL calculó el valor de una canasta básica que permitía lograr los nutrientes y calorías mínimos, y en base a encuestas se determinó que las familias más pobres destinaban la mitad de sus ingresos a alimentación. Con ello se determinó que el ingreso mínimo para no ser pobre era de dos veces el valor de la canasta básica. El número de familias pobres se calculó en 1990, con la encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) y se encontró que el 36,8 % de las familias eran pobres. El valor de la canasta determinada por CEPAL fue de US$ 2 diarios por persona.



En la figura 11 se presenta la evolución de la fracción de familias pobres en Chile desde el año 1900, de acuerdo a Haindl (2021). Se observa un fuerte incremento de la pobreza hasta 1940, en que alcanzó un peak del 80 % de la población. De ahí se fue reduciendo hasta 1970, en que bajó al 33,6 %. Las reformas de apertura y liberalización de la década de los setenta subieron la pobreza hasta el 52,2 % en 1980, y de ahí en adelante el fuerte crecimiento experimentado por la economía chilena, y las políticas de gasto social focalizado, permitieron reducir la pobreza en forma continua hasta llegar al 7,6 % en 2017.

Porcentaje de Población Rural

La transformación de una economía agrícola en una economía industrial y de servicios implica que se va reduciendo la población rural y aumenta la población urbana. En una economía agrícola, más del 80 % de la población es rural. En una economía industrial, más del 80 % de la población es urbana.



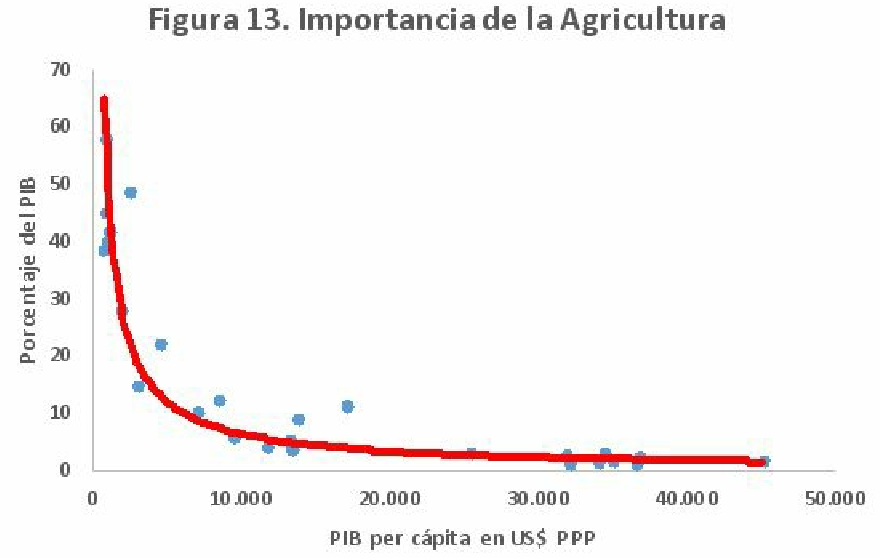
Por ello, un indicador de desarrollo económico muy importante es el porcentaje de la población rural, para ver el avance que lleva el proceso.

En la figura 12 se presenta un corte transversal del porcentaje de la población rural en

función del PIB per cápita, utilizando datos del Banco Mundial de 2007. Se observa una clara tendencia decreciente (Con el 75 % de la varianza explicada por un modelo semi-logarítmico).

Estructura Productiva

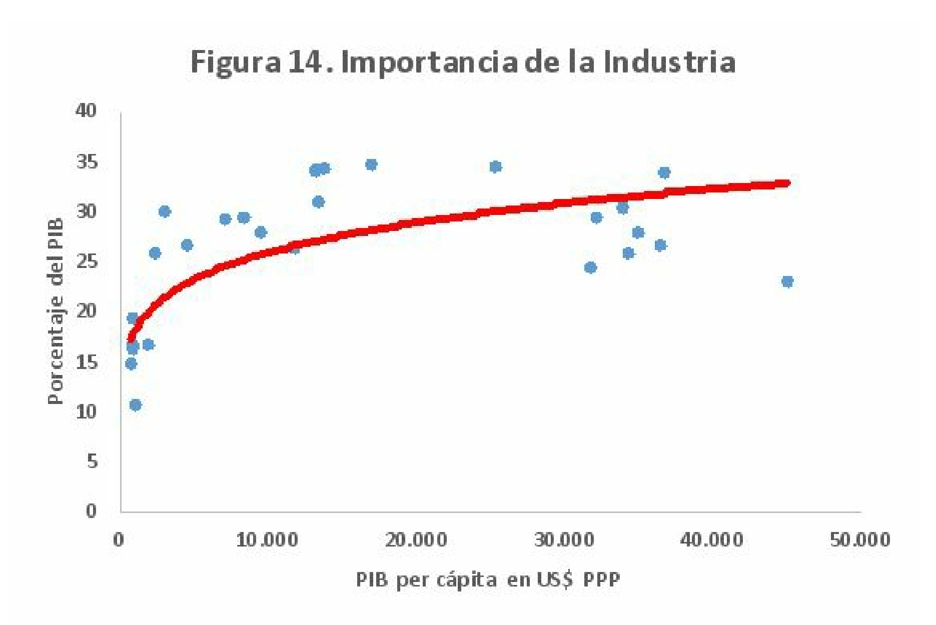
Con el desarrollo económico disminuye la importancia de la agricultura y aumenta la importancia de la industria y los servicios. El proceso de industrialización está en la raíz de esta transformación.



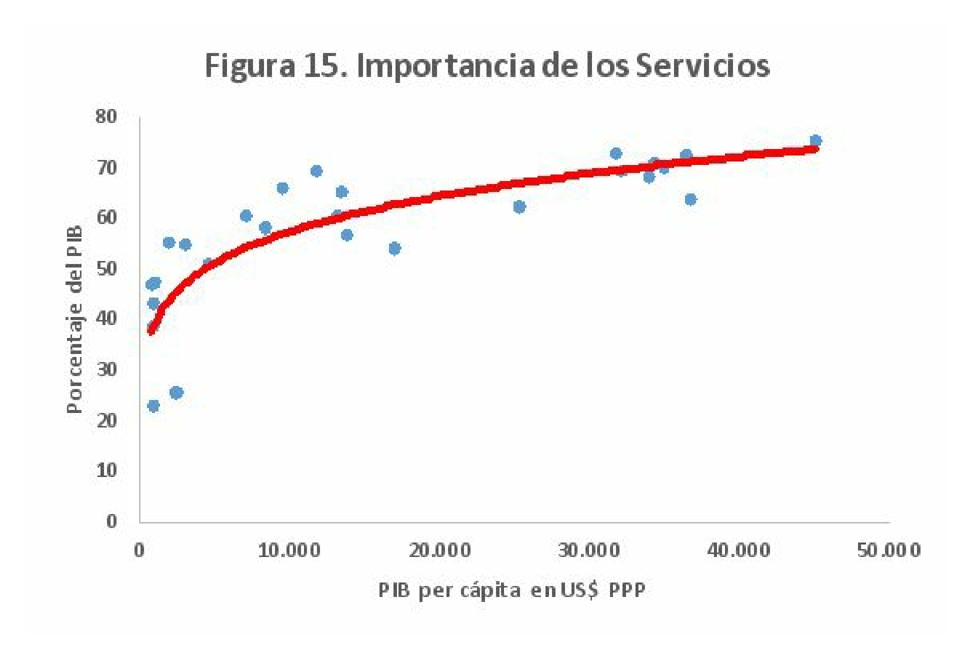
Esto permite definir tres indicadores:

1) El valor agregado generado en la agricultura, expresado como porcentaje del PIB.
2) El valor agregado generado en la industria, expresado como porcentaje del PIB.
3) El valor agregado generado en el sector servicios, expresado como porcentaje del PIB.

Utilizando datos del Banco Mundial de 2007, se puede ver en la figura 13 un corte transversal del porcentaje de valor agregado agrícola, expresado como porcentaje del PIB. Se observa una fuerte correlación negativa con el PIB per cápita (elasticidad de -0,89 y explica el 89 % de la varianza). El grueso de la caída de la agricultura como porcentaje del PIB se da antes de los US$ 10.000 de 2007 PPP de PIB per cápita.



El gran aumento de la importancia de la industria se da hasta los US$ 10.000 per cápita de PPP, y luego tiende a estabilizarse en torno al 30 % del PIB. Por cierto, las ventajas comparativas también juegan un rol importante. Aquellas economías que tienen ventajas comparativas en la exportación de bienes industriales, tienden a tener un sector industrial más grande, que aquellas que son importadoras netas de productos industriales.



En la figura 15 se muestra un corte transversal del valor agregado del sector servicios expresado como porcentaje del PIB, para un conjunto de países, reportados por el Banco Mundial en 2007. Se observa una gran correlación positiva con el PIB per cápita (elasticidad positiva de 0,17, que explica el 60 % de la varianza). A diferencia de la industria, los servicios continúan aumentando su importancia en el PIB a medida que la economía se desarrolla. Para altos niveles del PIB per cápita, el sector servicios llega a representar más del 70 % del PIB. ¡Un país con un alto nivel de desarrollo, es básicamente una economía de servicios!

Para un estudio más profundo de la trasformación estructural de una economía, véase Chenery et al (1986).

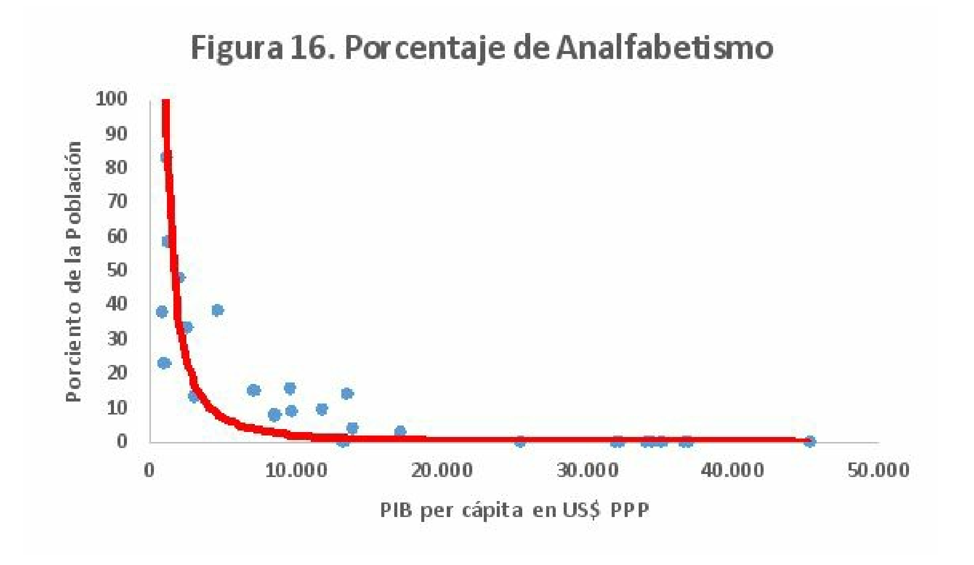
Educación

Durante el proceso de desarrollo se observa una reducción en el analfabetismo y un aumento continuo en los niveles educacionales promedio. Normalmente se utilizan cuatro indicadores para monitorear este proceso:

- Porcentaje de Analfabetismo
- Porcentaje de cobertura de Educación Primaria
- Porcentaje de cobertura de Educación Secundaria
- Porcentaje de cobertura de Educación Terciaria

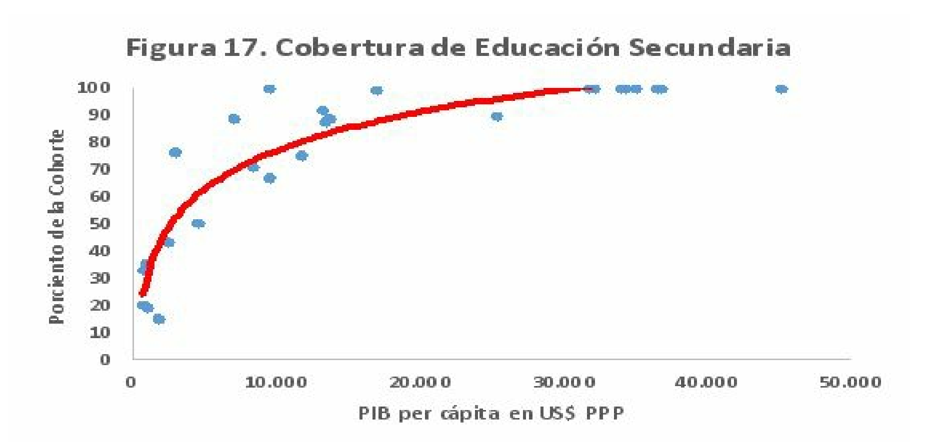
El porcentaje de Analfabetismo se calcula como el porcentaje de la población mayor de cierta edad (usualmente 10 años) que no es capaz de leer un párrafo. El porcentaje de cobertura se calcula dividiendo la matricula por la población que está en el rango de edades, que normalmente asiste a esa educación.

En la figura 16 se indica el porcentaje de población analfabeta para una muestra de países del Banco Mundial para el año 2007. Hay una fuerte correlación negativa del porcentaje de Analfabetismo (elasticidad de -1,73 que explica el 77 % de la varianza). Se observa que hacia los US$ 15.000 de PIB per cápita PPP, los países prácticamente logran eliminar el analfabetismo.



Con el desarrollo económico los países logran primero un 100 % de cobertura en la educación primaria y luego un 100 % de cobertura en la educación secundaria. En la figura 17 se presenta los resultados del porcentaje de cobertura de educación secundaria para un corte transversal de países reportados por el Banco Mundial para el año 2007. Se observa una fuerte correlación positiva (en modelo semi-logarítmico que explica el 85 % de la varianza). Se observa que, para bajos niveles de desarrollo, en el año 2007 hay una cobertura inferior al 20 %. En otras

palabras, en las economías agrícolas que van quedando, menos de uno de cada cinco niños de edades de 13 a 18 años, asiste a educación secundaria. Esta cobertura se va incrementando fuertemente con el nivel de desarrollo. Hacia los US$ 10.000 de PIB per cápita PPP, la cobertura alcanza al 80 %, y de los US$ 15.000 de PIB per cápita en adelante, la cobertura tiende a ser total.



En la figura 18 se muestra el porcentaje de cobertura de la Educación Superior. Esta comprende la educación universitaria, así como la educación técnico profesional. Se observa una gran correlación positiva entre el porcentaje de cobertura de la educación superior y el PIB per cápita (en un modelo semi-logarítmico se explica el 80 % de la varianza). Se observa que muy pocos estudiantes alcanzan la Educación Superior en las economías agrícolas.

Figura 18. Cobertura de Educación Superior

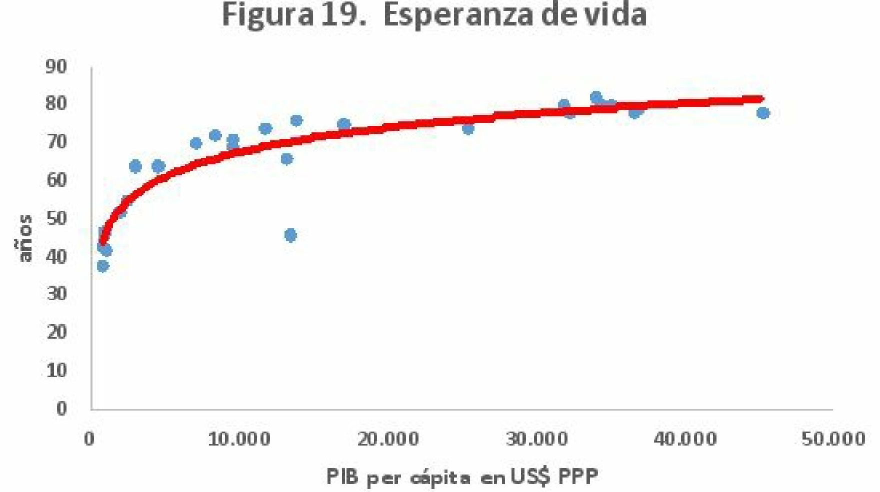
Menos de uno de cada cien jóvenes entre 19 y 24 años, logra asistir a la educación superior. A medida que el PIB per cápita va creciendo, se genera una verdadera explosión en la cobertura de la Educación Superior. Hacia los US$ 4.000 per cápita PPP, se tiene un 10 % de la cohorte de jóvenes que asiste a la educación superior; a los US$ 10.000 per cápita, ya supera el 20 %; y hacia los US$ 30.000 per cápita, la cobertura es mayor que el 50 %.

Salud y Nutrición

Los indicadores más utilizados en salud y nutrición son cuatro:

1) Tasa de mortalidad general
2) Esperanza de vida al nacer
3) Cantidad de calorías diarias de consumo per cápita
4) Gramos de proteína diarias de consumo promedio.

A medida que los países se desarrollan, va disminuyendo la tasa de mortalidad general de la población. En economías agrícolas, la tasa de mortalidad general alcanza niveles de 2,5 % anual. En otras palabras, cada año se mueren una de cada 40 personas como promedio. Por cierto, estas cifras se incrementan fuertemente con pestes y guerras, pero en años normales, esa es la situación. En una economía desarrollada, la tasa de mortalidad cae bajo el 1 % de la población. Se muere una de cada cien personas en un año. La disminución en la mortalidad general se explica por mejores niveles de nutrición, y por los progresos de la medicina.



Esta caída en la tasa de mortalidad conduce a un aumento sistemático en la esperanza de vida al nacer. Esta se calcula como la esperanza matemática de años de vida que tiene una persona que nace viva. La esperanza de vida de una persona de una economía agrícola en 2007 era bajo los 40 años. La esperanza de vida de una persona que nació en un país desarrollado era sobre 80 años. Existe una fuerte correlación positiva entre la esperanza de vida al nacer y el PIB per cápita (elasticidad de 0,16 con un 80 % de la varianza explicada). Para los países desarrollados, la mujer tiene una esperanza de vida mayor que la de los hombres (alrededor de dos años más).

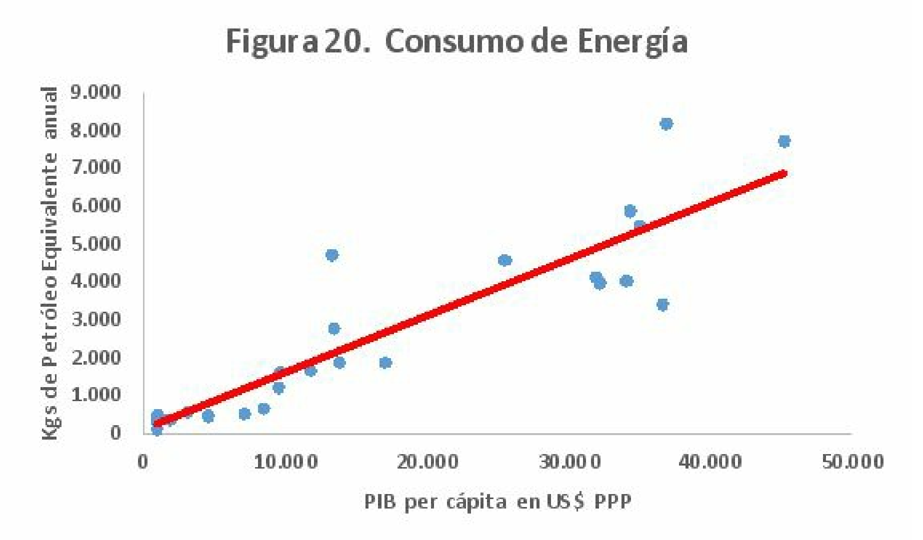
Respecto a los indicadores de nutrición, los países sub-desarrollados tienen consumos per cápita inferiores a las 2.500 calorías diarias, que es el standard recomendado por los organismos especializados. A medida que se desarrollan, este consumo va subiendo, y para las economías desarrolladas, exceden las 3.000 calorías diarios. ¡Un problema de desnutrición se transforma en un problema de obesidad! Respecto de las proteínas diarias de consumo se observa una tendencia similar.

Otros Indicadores

Otros indicadores de desarrollo utilizados son los siguientes:

- Consumo de energía per cápita
- Automóviles por cada 100 habitantes
- Km de carretera por cada 100 habitantes
- Porcentaje de caminos pavimentados
- Líneas telefónicas por cada 100 habitantes
- Porcentaje de viviendas con conexión de electricidad
- Porcentaje de viviendas con acceso a agua potable

Estos otros indicadores en general pretenden calcular la disponibilidad de infraestructura del país, que debe crecer de acuerdo al resto de la economía, o de lo contrario puede transformarse en un "cuello de botella" para el desarrollo.

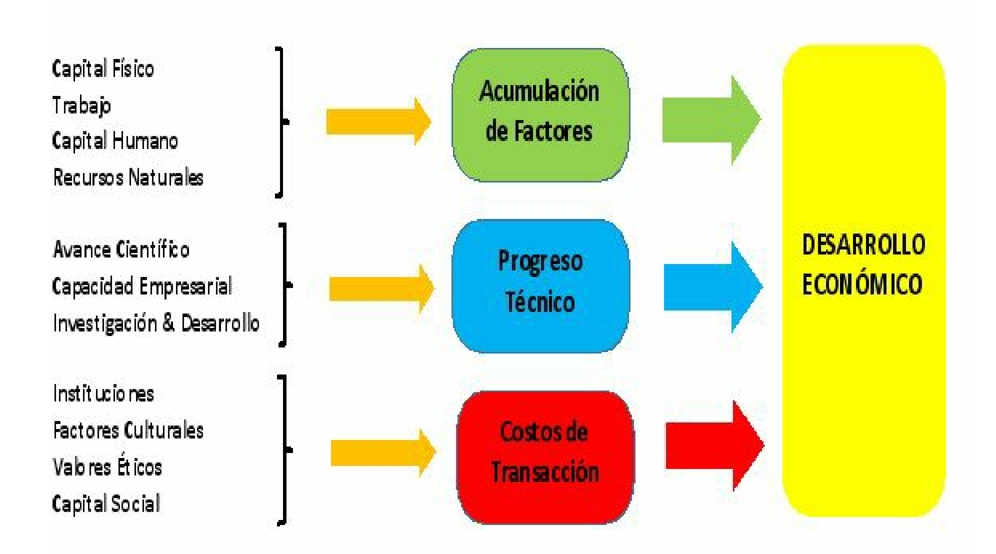


Uno de los indicadores de desarrollo más significativos es el consumo de energía por habitante. Las máquinas en general se alimentan de energía, por lo que existe una relación directa entre el consumo de energía per cápita y el PIB per cápita. Si se transforman todos los diferentes combustibles y consumos de energía en su equivalente calórico de Kg de petróleo per cápita, se puede construir la figura 20, con los datos del Banco Mundial de 2007. Se observa una relación lineal entre el consumo de energía y el PIB (con una varianza explicada del 82 %).

Los países más subdesarrollados tienen consumos de energía que llegan 127 Kgs de petróleo equivalente por persona al año (Niger en 2007), y los países más desarrollados, tienen consumos de energía que alcanzan los 7.758 Kgs de petróleo por persona al año (Estados Unidos en 2007). Cada habitante de Estados Unidos consume en promedio 61 veces más energía que un habitante de Niger.

2.4 Modelo de Desarrollo Económico

Figura 21. Modelo Conceptual de Desarrollo Económico



El enfoque analítico utilizado en este libro utiliza las definiciones 1 y 3 de Desarrollo Económico, que son más bien complementarias. Se conceptualiza el Desarrollo como un proceso de expansión de la curva de transformación de la economía, a través del progreso técnico y la acumulación de factores. También es un proceso complejo de cambios institucionales, económicos y sociales, que son necesarios para que alcanzar un Desarrollo sostenible.

En la figura 21 se presenta el modelo conceptual utilizado en el libro.

Referencias del Capítulo

- Montek Ahluwala, “Income Inequality: Some Dimensions of the Problem”, Sept 1974, Finance and Development.
- Anthony B. Atkinson, “On the measurement of Income Inequality”, 1970, Journal of Economic Theory.
- Banco Mundial, “Informe sobre el Desarrollo Económico Mundial”, varios números
- Hollis Chenery, Sherman Robinson and Moshe Syrquin, “Industrialization and Growth”, 1986, World Bank, Oxford University Press.
- Erik Haindl, “Chile y su Desarrollo Económico en el Siglo XX”, 2021, Editorial Amazon.
- Simon Kuznets, “Economic Growth and Income Inequality”, 1955, American Economic Review.

- Angus Maddison, “Monitoring the World Economy”, 1995, OECD publishing, Paris.

CAPÍTULO 3. ALGUNOS CASOS DE DESARROLLO ECONÓMICO

A continución, se presentan tres casos emblemáticos de desarrollo económico. El caso de Inglaterra es el caso clásico de desarrollo expontáneo, con políticas de librecomercio y libremercado, con mínima intervención estatal.

El caso de Estados Unidos es un similar al de Inglaterra, con la excepción de que se trató de una economía cerrada, que siguió un esquema de sustitución de importaciones.

El caso de Japón, es un ejemplo de desarrollo deliberado, con fuerte intervención estatal.

Es interesante analizar las similitudes y diferencias de estos tres casos.

3.1 Desarrollo Económico de Inglaterra

La Revolución Industrial nació en Inglaterra durante el siglo XVIII. Fue el resultado de un progreso técnico extraordinario en una serie de áreas, que fueron coronados con la invención de la máquina de vapor de James Watt. Además, existía un medio ambiente institucional, que era receptivo a los avances de la ciencia, y respetaba los derechos de propiedad. Había estabilidad de precios, y libertad de emprender.

Progreso Técnico

Los principales inventos ingleses de los siglos XVIII y XIX fueron los siguientes:

En 1709, Abraham Darby perfeccionó el proceso de fundición del hierro reemplazando el carbón vegetal por carbón coke. Esto permitió conseguir un hierro más duro y resistente “hierro Darby”, que posibilitó utilizar el hierro en estructuras metálicas y construcciones de todo tipo. Contribuyó al desarrollo de las primeras fábricas de hierro en gran escala en Gran Bretaña.

En 1733, John Kay inventó la naveta volante. La naveta volante aceleró enormemente el proceso de tejido, duplicando la productividad de los tejedores. Fue uno de los primeros inventores británicos en obtener una patente para su invención, lo que le permitió cobrar 15 chelines por cada máquina que los utilizara.

En 1764, James Heargraves inventó una máquina de hilar, que se popularizó bajo el nombre de “Spinning Jenny”. Esta fue la primera aplicación práctica que permitía un proceso de hilado a gran escala. Esta máquina permitía que un solo trabajador hilara varios conos al mismo mismo tiempo. Comenzó a vender estas máquinas en Stanhill, Lancashire, pero su casa fue asaltada por hiladores desempleados con su tecnología, y sus máquinas fueron destruidas. Huyó a Nottingham, donde construyó, con un socio, una hilandería a gran escala con sus “Spinning Jennies”. Recibió una patente por su invento en 1770.

En 1769, Richard Arkwright construyó una máquina de hilar hidráulica que, aprovechando la fuerza del agua, impulsaba las “Spinning Jennies”. Además, construyó una máquina de cardado que permitía limpiar el algodón antes de introducirlo a las máquinas de hilado. Con ello abarató y masificó el proceso de hilado.

James Watt fue un ingeniero y químico escocés que, trabajando para los laboratorios de la

Universidad de Glasgow, logró perfeccionar la máquina de vapor de Newcomen, al separar el condensador de la caldera de vapor. Esto incrementó notablemente la eficiencia de la máquina. Además, la adaptó para generar un movimiento rotatorio, con lo cual construyó el primer motor costo-efectivo en el mundo. La máquina de vapor de James Watt, que comenzó a comercializarse en 1775, fue el hito que desató la Revolución Industrial. Permitió tener un motor económico, que podía impulsar cualquier proceso industrial.

En 1785, Edmund Cartwright construyó el primer telar mecánico, llamado “Power Loom”. Este telar utilizaba la fuerza de una máquina de vapor para impulsar el proceso de tejido. Esto se aplicó tanto al tejido de lelas de algodón como de lana. Lo perfeccionó en 1789 y la patentó en 1792. Su primer intento de construir una fábrica en gran escala en 1790 con estas máquinas en Manchester fue un fracaso, ya que un grupo de tejedores manuales, la incendió, y tuvo que salir huyendo, a riesgo de su vida. Esta máquina fue refinada durante los siguientes 47 años, hasta que un diseño de Kenworthy y Bullog hicieron la operación completamente automática. La máquina de Cartwright se transformó en la base de la industria textil británica. En 1809, el Parlamento británico le otorgó un premio de 10 mil libras esterlinas por su invento.

En 1803, el ingeniero de minas británico Richard Trevithick inventó la primera locomotora, al adaptar una máquina de vapor de alta presión para impulsar un carro sobre rieles metálicos. Esta locomotora se utilizó para arrastrar vagones de carga, reemplazando de este modo la fuerza animal.

En 1821, el inventor inglés Michael Faraday construyó el primer motor eléctrico. Se dio cuenta de la interacción de los campos eléctrico y magnético. Esto permitía generar electricidad al cortar un campo magnético con un circuito eléctrico rotatorio, y viceversa podía utilizar la electricidad para generar un campo magnético que pusiera un motor en movimiento. En 1838 construyó el primer dinamo. Con estos inventos se sentaron las bases de la industria eléctrica.

En 1829, el ingeniero Robert Stephenson perfeccionó la idea anterior, construyendo el primer ferrocarril. Este era impulsado por una locomotora a vapor, que arrastraba tanto carros de pasajeros como carros de carga. El primer ferrocarril del mundo unió las ciudades de Liverpool y Manchester. En 1830 comenzó la construcción de un segundo ferrocarril entre Londres y Birmingham. Esto dio inicio a la gran industria británica para construir ferrocarriles a lo largo del mundo, y revolucionó en forma fundamental el transporte de carga y pasajeros.

En 1837, el ingeniero Jacob Brett inventó el primer telégrafo de 5 alambres. Con ello se pudo mandar mensajes casi instantáneos entre dos puntos distantes. Con su hermano John W. Brett fundaron la “Submarine Telegraph Company”, y tiraron un cable telegráfico submarino entre Inglaterra y Francia. Con posterioridad, William Cooke construyó un cable submarino transatlántico para unir Inglaterra con Estados Unidos.

En 1851, el arquitecto británico Joseph Paxton inventó la fabricación de módulos prefabricados en hierro, que luego podían ser utilizados en la construcción. Esto lo aplicó a la construcción del gran “Palacio de Cristal” para la exhibición de Londres de 1851. Estos módulos prefabricados de hierro revolucionaron la arquitectura.

En 1856, el ingeniero Henry Bessemer, un inventor de familia francesa arrancada de la revolución, inventó un proceso industrial para producir acero en forma económica. El proceso Bessemer le dio el liderazgo a la industria británica del acero durante los próximos cien años.

En 1865, el ingeniero William Fairbairn, que trabajó con Robert Stephenson, inventó la remachadora de vapor, que fue utilizada en la construcción de barcos, ferrocarriles y otras estructuras metálicas. Con ello revolucionó la industria británica de construcciones metálicas. Puentes metálicos, barcos de hierro, y edificios con estructura metálica fueron posibles gracias a

esta técnica.

En 1868, el pintor inglés Benjamin W. Maugham inventó un calentador eléctrico de agua con un termo, que permitía bañarse con agua caliente. Esto fue altamente demandado en casas y hoteles, y revolucionó las costumbres higiénicas de la sociedad.

En 1884, el ingeniero inglés Charles Parsons inventó la turbina a vapor, un dispositivo que conectaba una máquina de vapor modificada en forma de turbina con un dinamo, y permitía generar electricidad a partir carbón o cualquier combustible. Las turbinas Parsons también fueron empleadas para impulsar barcos a vapor.

En 1892, el ingeniero eléctrico Rookes Bell Crompton inventó la primera estufa eléctrica, y estableció la primera empresa de iluminación eléctrica en Inglaterra, con sede en Doncaster, Yorkshire.

Sistema Económico

Hacia 1800, Inglaterra tenía un sistema proteccionista, basado en los principios del mercantilismo. El mercantilismo trataba de fomentar las exportaciones, y de simultáneamente frenar las importaciones, con el objeto de obtener una balanza comercial favorable.

Los principales mecanismos de protección fueron las “navigation act” (fueron cuatro) y altas tarifas de protección arancelaria. La primera “navigation act” fue promulgada en 1615, y establecía que todo el comercio entre Inglaterra y sus colonias debía efectuarse en naves de bandera británica. Ello generaba una protección sobre la marina mercante británica. Esta se complementó con otras actas posteriores que hacía que ciertos artículos que llegaban o salían de Inglaterra, tenía que ser forzosamente en barcos ingleses. El acta de 1756 se utilizó para imponer restricciones comerciales a las colonias, lo que fue uno de los detonantes de la independencia de las 13 colonias.

Cuando la “British East India Company” se apoderó de India a mediados del siglo XVIII, Inglaterra impuso tarifas draconianas a los textiles que venían de su colonia de India, mientras que los textiles de fabricación británica entraban a India con bajos aranceles. Esto destruyó la industria textil manual de India. Hacia 1700, India producía el 25 % de los textiles mundiales, y en 1947 este había caído a menos del 2 %.

Hacia 1815, las tarifas medias de Inglaterra eran de 50 %, y protegían fuertemente a todos los productos británicos más elaborados. En 1815 se introdujeron las “corn laws”, que estuvieron vigentes hasta 1846. Estas aseguraban mantener altos los precios del trigo en favor de los productores domésticos. La ley establecía que no se permitía la entrada de trigo a Inglaterra hasta que el precio doméstico alcanzara un nivel de 80 chelines por quarter. Esta restricción también se hacía extensiva a cereales, avena y cebada. Obviamente, esto beneficiaba a la nobleza y los terratenientes, que disponían de la mayor parte de la tierra. Sin embargo, empobrecía a los trabajadores industriales que debían pagar un pan más caro para poder alimentarse.

Con la fuerte influencia de Adam Smith y su libro de “la Riqueza de las Naciones”, fue naciendo un movimiento liberal y favorable al libre comercio. Con el triunfo de los liberales (whigs) en 1846 y logró la derogación de las “corn laws”, la navigation act, y se bajaron fuertemente los aranceles, a menos del 10 % en promedio. Inglaterra se transformó en partidaria del libre comercio y del libre mercado a partir de mediados del siglo XIX.

Después de la “revolución gloriosa” de 1688, el parlamento inglés había tomado preeminencia, y el imperio de la ley, y la protección del derecho de propiedad habían tomado bases firmes en el territorio británico.

Con la “revolución gloriosa” también se había fundado el Banco de Inglaterra. Un Banco

Central privado, que tenía el monopolio para imprimir libras esterlinas. Estas libras esterlinas estaban respaldadas por oro, lo que se conoce como “patrón oro”. Cualquier persona podía exigir oro a la paridad declarada a cambio de sus libras esterlinas. Este sistema de “patrón oro” aseguró una estabilidad de precios sin precedentes históricos.[10]

La estabilidad del sistema monetario británico, le dio el liderazgo financiero del mundo durante el siglo XIX. Los países intercambiaban sus productos en términos de precios en libras esterlinas, los créditos internacionales eran expresados en libras esterlinas, y los países que adherían al patrón oro, lo hacían estableciendo una paridad fija de su moneda con la libra esterlina.

Otra política económica fundamental era la del Estado Mínimo. Un Estado que no interfería en los negocios privados, con una administración liviana, que incluía la monarquía, el parlamento, el sistema judicial, el ejército, la marina, los policías y un mínimo de funcionarios públicos para administrarlo. Se estima que el tamaño del Estado victoriano era de menos del 5 % del PIB. Tan solo daba protección legal a sus ciudadanos, enforzaba el orden público, los derechos de propiedad, y defendía al país de las agresiones externas.

La propiedad privada era la base de la legalidad y de la institucionalidad. Nadie podía ser condenado, sin un juicio justo. Inglaterra estableció un sistema de jurados, elegidos al azar, para determinar la culpabilidad de las personas. El juez solo dictaba la pena, si la persona era declarada culpable.

Transformaciones Sectoriales

Los inventos anteriores posibilitaron el surgimiento de una gran industria textil basada en la lana y algodón. También se abrieron minas de carbón, se establecieron fundiciones de hierro y más tarde de acero, astilleros de barcos metálicos pesados, fábricas de maquinaria de todo tipo, construcción de ferrocarriles y puentes. La industria manufacturera británica comenzó a fabricar todo tipo de productos y a exportarlos. Inglaterra se transformó en “la factoría del mundo”.

El avance tecnológico hizo que se generaran fuertes ventajas comparativas en la industria textil, los ferrocarriles, la industria metalmecánica, y la industria elaboradora de maquinaria en general. Esto, junto a una marina mercante fuerte (“la mayor del mundo”) hizo que Inglaterra exportara bienes industriales e importara alimentos y materias primas.

Todo llevó a una sistemática migración campo-ciudad y a un crecimiento explosivo de las ciudades principales. Hacia 1770, el sector agrícola generaba el 40 % del PIB. Hacia 1870 tan sólo el 15 % del PIB de Inglaterra se generaba en este sector. En contraste, la industria manufacturera creció en forma decisiva. Hacia 1848, Inglaterra tenía el 38 % de la capacidad industrial del mundo.

La libra esterlina se transformó en la moneda base del comercio internacional. Londres se convirtió en el principal centro financiero. Los mayores empréstitos internacionales se pactaban en Londres. Como se tuvo superávits sistemáticos en la balanza comercial, y en la cuenta corriente, un flujo de capital hacia el exterior financiaba minas, proyectos ferroviarios y otros grandes proyectos. Capitales ingleses permitieron financiar proyectos como el Canal de Suez.

La derogación de las “corn laws” generaron una gran pobreza en el campo inglés, lo que aceleró la migración campo-ciudad. Ello hizo que los centros urbanos como Londres, se deterioraran, con gran hacinamiento y condiciones de vida miserables para los migrantes. Para colmo de males, una gran hambruna en Irlanda entre 1840 y 1850, produjo una gran emigración hacia Inglaterra y otros países, lo que deterioró los salarios reales en forma significativa. La caída en los salarios reales obligó a las familias migrantes, a hacer trabajar incluso a los niños, ya que

una persona con su salario no era capaz de mantener a su familia.

Hacia 1850, Karl Marx se encontraba en Londres, rodeado de pobreza, y escribiendo sobre una revolución comunista y el fin del capitalismo; mientras otros escritores, como Charles Dickens retratan en forma gráfica las deplorables condiciones sociales de los trabajadores hacia mediados del siglo XIX.

Sin embargo, al avanzar la Revolución Industrial, los salarios reales comenzaron a mejorar. Hacia 1880, los reportes indican una situación de salarios reales de los trabajadores ingleses, que les permitían tener una vida digna, y había pleno empleo. Las horas de trabajo fueron reducidas y el trabajo infantil fue prohibido. ¡La revolución comunista nunca ocurrió! Hacia 1900, las clases trabajadoras británicas gozaban de un standard de vida mayor que las clases acomodadas de los países más pobres.

Sistema Político

A partir de la "revolución gloriosa", con la caída de la absolutista dinastía Estuardo, el gobierno de William y Mary, y la entronización de la dinastía alemana Hannover, se fue generando un traspaso gradual de poderes del monarca al parlamento. Esto dio origen a un modelo político que se conoce como "Monarquía Parlamentaria", que es el que existe hasta la actualidad.

En este modelo, el parlamento es elegido por la ciudadanía en votación directa (En Inglaterra existe un sistema de elección uninominal, en que la persona más votada en cada distrito se convierte en el representante), y el parlamento (Cámara de los Comunes) ejerce el poder legislativo, y decide las leyes por mayoría. Existe una segunda cámara (Cámara de los Lores) en que está representada la nobleza, y que tiene funciones más bien judiciales.

El poder ejecutivo se concentra en un Primer Ministro, que es elegido por mayoría por la Cámara de los Comunes. El Primer Ministro forma su gabinete y gobierna el país. Permanece en el poder en tanto cuente con la mayoría del parlamento.

El sistema judicial está separado del poder ejecutivo y del legislativo. El tribunal máximo está bajo la tutela de la Cámara de los Lores.

El Rey o la Reina, representa a la nación en las ceremonias oficiales: "El Rey reina, pero no gobierna".

El sistema electoral uninominal genera un equilibrio con dos bloques políticos fuertes y moderados, que se alternan en el poder. En el siglo XIX los dos partidos principales fueron los Conservadores (Tories) y los Liberales (Whigs). En el siglo XX, los dos partidos principales fueron los Conservadores (fusionados con los Liberales) y los Laboristas.

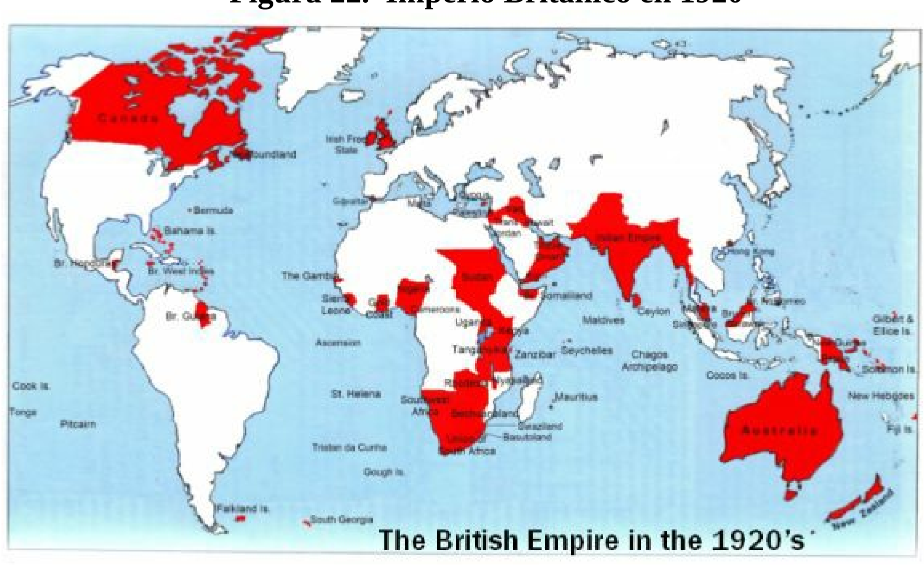
Desde el punto de vista internacional, Inglaterra desarrolló una política de conquista de enclaves estratégicos y territorios coloniales. Esta política se conoce como "Imperialismo". La captura de enclaves estratégicos estaba destinada a promover el comercio inglés y tener puntos de reabastecimiento para su flota mercantil en los siete mares. Los enclaves más importantes fueron Gibraltar, Isla de Malta, Canal de Suez, Colonia del Cabo, Singapur, Malacca, Calcuta, Bombay, Jamaica, Islas Malvinas.

En su política colonial, Inglaterra formó las 13 colonias americanas (que se independizaron a partir de 1776), Canadá, Australia, Nueva Zelandia, el Imperio Británico de India (India, Ceylán, Afganistán, Birmania, Paquistán y Bangladesh), Malasia, Egipto, Sudán, Sud-África, Rhodesia, Uganda, Kenia, Tanzania, la Guayana Británica, y varias islas del Caribe.

Cuando la reina Victoria celebró sus "bodas de diamante", como una de las monarcas más longevas que ha existido, el Imperio Británico dominaba un tercio de las tierras emergidas.

En la figura 22 se presenta un mapa del Imperio Británico al finalizar la primera guerra mundial. Después de la segunda guerra mundial, Inglaterra concedió la independencia a la mayoría de sus colonias, y constituyó la comunidad británica de naciones.

Figura 22. Imperio Británico en 1920



3.2 Desarrollo Económico de Estados Unidos

La Revolución Industrial se transmitió con algún retardo a Estados Unidos, pero una vez que se afianzó, tomó una fuerza extraordinaria, y varios inventos importantes tuvieron su origen en el territorio norteamericano. En este proceso también ayudó mucho la expansión del territorio original hacia el oeste del continente, que significó aumentar la dotación de tierra y recursos naturales en forma significativa. Durante todo el siglo XIX ocurrió una fuerte inmigración europea y de otros lugares, que permitió poblar los nuevos territorios adquiridos.

Progreso Técnico

Los habitantes de las 13 colonias inglesas originales tenían un nivel intelectual y educacional similar al de su madre patria. Por ello, muchos inventos de Inglaterra fueron adaptados rápidamente en el territorio norteamericano.

Los inventos originales norteamericanos más importantes fueron:

En 1752, Benjamín Franklin descubrió que los rayos son descargas eléctricas de las nubes, e inventa el pararrayos para proteger casas y edificios.

En 1792, Eli Whitney inventó la desmotadora de algodón. Este invento ayudó a impulsar fuertemente la economía de los estados del sur, que eran grandes productores y exportadores de algodón.

En 1803, el norteamericano Robert Fulton inventó el barco a vapor, impulsado por paletas laterales. E primer barco a vapor prestó sus servicios a lo largo del rio Hudson, entre Albany y Nueva York. Luego, se multiplicaron estos barcos, que facilitaron el transporte de pasajeros, y bajaron fuertemente el costo de transporte.

En 1844, Samuel Morse inventó el telégrafo de un solo hilo, lo que revolucionó las comunicaciones. Los mensajes eran transmitidos casi en forma instantánea con el código Morse.

En 1845, Robert W. Thompson inventó el neumático, lo que permitió hacer más suave el andar de los carruajes.

En 1850, Cyrus McCormick inventó una segadora mecánica, que permitía cosechar trigo sin requerir tanta mano de obra. Ello aumentó fuertemente la productividad de los campos trigueros de las grandes praderas.

En 1854, Eli Otis inventó el ascensor. Este invento fue clave para la construcción de edificios y rascacielos, ya que permitía transportar a las personas cómodamente hacia las alturas.

En 1862, Luis Colvin inventó una máquina ordeñadora. Esto incrementó fuertemente la productividad de las granjas lecheras.

En 1868, el dentista George Green inventó el primer taladro dental.

En 1869, George Westinghouse inventó los frenos de aire, que permitieron una forma de frenado más efectivo. Fundó la corporación Westinghouse Electric Company.

En 1876, Alexander Graham Bell, un ingeniero escocés, nacionalizado norteamericano, inventó el primer teléfono. Fundó la American Telephone and Telegraph Company en 1885.

En 1877, Thomas Alva Edison, llamado el “mago de Menlo Park” inventó el fonógrafo. Este fue el primer aparato que permitió grabar y reproducir una voz humana.

En 1879, Thomas Alva Edison, inventa la primera ampolleta comercial. Fue uno de los primeros inventores en aplicar el trabajo en equipo a gran escala. Edison desarrolló un sistema de generación y distribución eléctrica a las casas para que pudieran iluminarlas con su ampolleta.

En 1879, Margaret Knight inventó una máquina para hacer bolsas de papel.

En 1887, Nicola Tesla un ingeniero serbio, nacionalizado norteamericano, inventó un motor de corriente alterna, y se asoció con Westinghouse para generar sistemas de transmisión eléctrica con corriente alterna, que eran mejores para largas distancias.

En 1888, George Eastman inventó una cámara que usaba un rollo de película para sacar fotos. Lo registró bajo la marca Kodak.

En 1889, Almon Brown inventa una central telefónica automática, que permitió aumentar la eficiencia de las comunicaciones telefónicas.

En 1903, William y Orwell Wright inventaron el primer aeroplano. Este fue un invento trascendente, ya que fue el origen de la aviación.

En 1908, Henry Ford inventó el proceso de producción en cadena, que lo aplicó a la fabricación del automóvil modelo T. La manera de Ford de organizar el proceso de producción en una cadena continua, con tareas especializadas y repetitivas redujo, aumentó la productividad en tal forma, que redujo el costo de producir un automóvil a un quinto. Con la producción masiva de automóviles baratos, logró popularizar este medio de transporte, y cambiar la forma de las ciudades. Su proceso productivo fue imitado, lo que dio a la industria de automóviles americanos un liderazgo mundial.

Política Económica

Hasta 1776, las 13 colonias que formaron la base de Estados Unidos estaban bajo un sistema económico mercantilista del Imperio Británico. Al independizarse, entre 1783 y 1810 se implementó un régimen de libre comercio y de libre mercado, tratando de comerciar con todo el mundo. Estados Unidos se transformó en gran exportador de tabaco en primer lugar, y luego de algodón, cuando se desarrollaron las plantaciones del sur.

En 1810, el presidente Thomas Jefferson cerró la economía para no involucrar a Estados Unidos en las guerras napoleónicas. El cierre de la economía, produjo una fuerte recesión y estancamiento, pero luego indujo un proceso de industrialización a través de la sustitución de importaciones. Estados Unidos se transformó en un ejemplo de desarrollo, basado en la sustitución de importaciones. Fue un ejemplo de una economía proteccionista, y casi autárquica. Una apertura significativa al comercio de la economía, se hizo recién en la década de 1980.

Estados Unidos es un ejemplo de políticas de libre mercado, pero no de libre comercio. Es un ejemplo de "desarrollo hacia adentro": crecimiento basado en la sustitución de importaciones.

Respecto del tamaño del Estado, durante gran parte de su desarrollo, Estados Unidos es un buen ejemplo de Estado Mínimo, al igual que Inglaterra. Tan solo a partir de la crisis de 1930, con las políticas de New Deal, con Franklin D. Roosevelt, el Estado comienza a tomar un rol más grande e interviene en varios sectores.

Respecto de la política monetaria, se sucedieron periodos de moneda atada al patrón oro con billetes inconvertibles. Durante la guerra civil de 1860, Estados Unidos recurrió al papel moneda inconvertible (Greenback Standard). En 1913 se creó un Banco Central privado (Federal Reserve) al cual se le dio el monopolio de la emisión del dólar. Esta moneda era convertible en oro al comienzo, pero luego se abandonó la convertibilidad. Puede ser considerada un ejemplo de una economía con dinero fiduciario, en base a billetes inconvertibles.

La propiedad privada y el respeto a esta fue la base de la legalidad y de la institucionalidad, al igual que en el caso de Inglaterra.

Al igual que Inglaterra, Estados Unidos se rige por un sistema germánico de derecho consuetudinario, con un estado de derecho, que protege a las personas. También adoptó el

sistema de jurados inglés.

Transformación de Sectores Productivos

El tabaco y el arroz fueron los cultivos iniciales más importantes de las 13 colonias originales. En la medida que el país se fue expandiendo hacia el oeste, las grandes praderas, se dedicaron al trigo y ganadería.

En los estados del sur se desarrollaron plantaciones de algodón, especialmente en torno al rio Mississippi. El clima se prestaba muy bien para este tipo de cultivos, pero existía una gran escasez de mano de obra. Esta escasez de mano de obra fue solucionada mediante una importación masiva de esclavos negros traídos de África occidental. Se generaron grandes plantaciones de algodón, en base a mano de obra esclava. Rápidamente el algodón se transformó en el principal producto de exportación de Estados Unidos.

El desarrollo de Estados Unidos en el siglo XIX está muy marcado por la expansión territorial hacia el oeste. En 1803, Estados Unidos compró el inmenso territorio de Louisiana a Francia. Esto prácticamente duplicó el tamaño del país.

En 1817 se comenzó la construcción del canal Erie de 547 km de largo. Este canal conectó el lago Ontario, a la altura de la ciudad de Búfalo, con el rio Hudson a la altura de la ciudad de Albany. Además, los grandes lagos fueron interconectados entre sí. Esto permitió conectar en forma continua y navegable, las grandes praderas norteamericanas con la ciudad de Nueva York.

En 1818 se intercambiaron territorios con la colonia de Canadá, lo que permitió expandir los estados de Minnesota y Dakota del Norte. En 1819, negociaciones con España permitieron adquirir el estado de Florida.

En 1845, luego de una guerra contra México, Estados Unidos anexó la República de Texas. En 1846, mediante un tratado celebrado con Inglaterra, se incorporó el territorio de Oregón, Washington, y Idaho. En 1848, con la firma del tratado de paz, México cedió a Estados Unidos los estados de California, Nevada, Utah, y Nuevo México. En 1853 se le compró a México, la franja de Gasden.

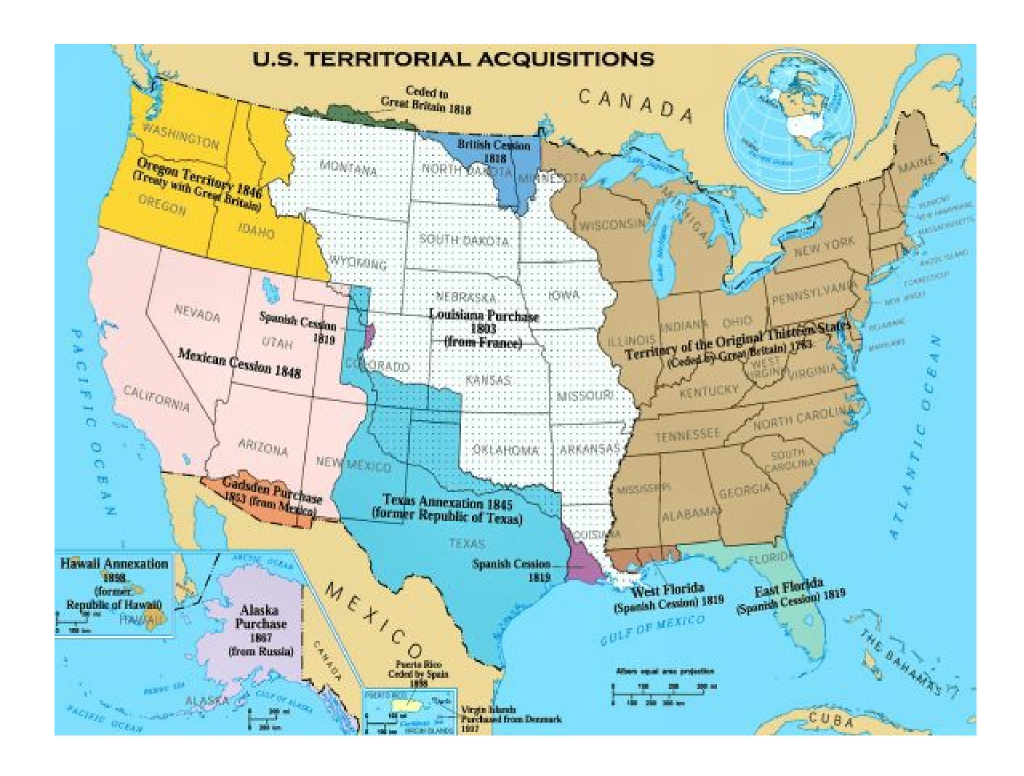
En 1867, una negociación con el Zar de Rusia, permitió la compra del estado de Alaska. Con esto se logró que Rusia se retirara de sus tierras en América.

En 1898, Estados Unidos anexó las islas de Hawaii, al deponer a la monarquía isleña. Ese mismo año, Estados Unidos ayudó a Cuba a independizarse de España, y como resultado de esa guerra, incorporó a Puerto Rico, como un estado libre asociado, y ocupó la colonia de Filipinas en el sud-este asiático.

En 1917, Estados Unidos le compró a Dinamarca las islas vírgenes en la zona del Caribe.

En la segunda guerra mundial, entre 1942 y 1945, Estados Unidos anexó las islas Marshall, Carolinas, Bismark, Samoa, así como otras islas menores. En la Figura 23 se muestra gráficamente esta expansión.

Figura 23. Adquisiciones Territoriales de Estados Unidos



Estas tierras fueron vendidas por el gobierno de Estados Unidos a muy bajo precio. La expansión hacia el oeste se dio inicialmente en la forma de caravanas de carretas en que las familias se trasladaban en busca de nuevas tierras y oportunidades.

Esta expansión de colonos hacia el oeste, los puso en conflicto con los indios nativos que vivían en esas regiones. Esto dio origen a guerras de los indios contra los colonos invasores. El ejército norteamericano intervino, masacrando a los indígenas en forma sistemática, y reduciéndolos a reservaciones, una vez que se rendían.

El gran crecimiento en tierra y recursos naturales impulsó fuertemente el desarrollo del país. Una característica especial del desarrollo de Estados Unidos, fue la relativa escasez de trabajo. Este se solucionó en el sur, con la importación de esclavos, y en el este con una gran inmigración europea al principio, y de otras partes del mundo con posterioridad.

El desarrollo del ferrocarril en el territorio americano tuvo gran importancia en incorporar los territorios del interior de Estados Unidos. Se desarrollaron muchos ferrocarriles privados. En 1860, se unió la ciudad de Omaha con Sacramento, lo que permitió viajar en ferrocarril desde la costa del Atlántico a la costa del Pacífico.

En 1840, Estados Unidos llegó a tener el 40 % de la capacidad industrial mundial. El PIB per cápita de Estados Unidos subió 11 veces entre mediados del siglo XVIII hasta antes de la primera guerra mundial. Y entre mediados del siglo XVIII y el año 2016, subió 86 veces. Actualmente encabeza el proceso de desarrollo en el mundo.

Después de la primera guerra mundial, Nueva York se transformó en la capital financiera del mundo. Después de la segunda guerra mundial, el dólar se trasformó en la moneda de referencia para todos los países del mundo (Acuerdos de Bretton Woods).

Sistema Político

En 1776, las 13 colonias que formaron Estados Unidos se proclamaron independientes de

Inglaterra. Después de pelear una larga guerra, ganaron su independencia en 1783. George Washington, general triunfador fue elegido Presidente de los Estados Unidos.

Se implementó una República Federal con autoridades elegidas en forma democrática. Cada colonia se convirtió en un Estado, con sus propias autoridades.

El poder ejecutivo a nivel federal se concentró en un Presidente de la República, elegido por 4 años por representantes de los Estados. El poder ejecutivo a nivel de cada Estado se concentró en un Gobernador, elegido por voto popular.

El poder legislativo se radicó en un parlamento bicameral, con una cámara de diputados y una cámara de senadores.

El poder judicial es independiente de los dos poderes anteriores. A nivel local, los jueces son elegidos por votación popular.

El episodio político más traumático fue la guerra civil de 1861 a 1865. En 1860, Abraham Lincoln fue elegido Presidente, con un programa que pretendía abolir la esclavitud. En 1861, se separaron del país un conjunto de Estados del Sur, que formaron los Estados Confederados. Estos Estados Confederados vivían principalmente del algodón, y los esclavos representaban un factor vital en esa industria. Cálculos de historiadores económicos indican que, en los Estados del Sur, el valor de los esclavos representaba aproximadamente la mitad del stock de capital.

Los Estados Confederados entraron en una cruenta guerra con los Estados de la Unión, lo que significó mucha muerte y destrucción. Fueron derrotados, sus plantaciones destruidas e incendiadas, y sus esclavos liberados. Se estima que los Estados Confederados demoraron alrededor de 80 años en recuperar el PIB per cápita que tenían antes de la guerra. El sur de Estados Unidos se transformó en un área de pobreza, y muchos esclavos negros liberados tuvieron que migrar hacia las ciudades del norte, donde pasaron a integrar guetos de pobreza y delincuencia. La guerra civil marcó el fin de la esclavitud en los Estados Unidos, pero el comienzo de la decadencia económica del sur.

Hasta el siglo XIX, la política internacional de Estados Unidos fue la de un aislamiento internacional, que se traducía en una neutralidad frente a los conflictos europeos. Al mismo tiempo se tuvo una política pro-americana y anti-europea en América. Esto se conoció como la doctrina Monroe. Cuando Francia ocupó México e impuso un emperador europeo, Estados Unidos apoyó a Benito Juárez, para expulsar a los europeos fuera del país.

Esta política se interrumpió en la primera guerra mundial, en que Estados Unidos apoyó a Inglaterra y Francia, lo que le permitió dictar condiciones a los vencidos (Wilson). En la segunda guerra mundial, también apoyó a Inglaterra, y fue, junto con la Unión Soviética el gran ganador del conflicto. Desde esa época en adelante, Estados Unidos ha jugado el rol de primera potencia mundial.

3.3 Desarrollo Económico de Japón

Mientras los casos de Desarrollo Económico de Inglaterra y Estados Unidos fueron casos de desarrollo "espontáneo", con mínima intervención del Estado, en el caso del Desarrollo Económico de Japón, éste constituye un ejemplo de desarrollo "deliberado", con un papel protagónico del Estado.

La Restauración Meiji

Desde mediados del siglo XVI, con la instauración del Shogunato Tokugawa, Japón vivió un periodo de aislamiento autoimpuesto con respecto al mundo exterior. Su sistema económico era feudal. Estaba encabezado por dos emperadores: un emperador militar (Shogun) que dominaba a los señores feudales (Daimios) desde la ciudad de Edo (Tokio) y un emperador religioso (Mikado), que presidía la parte ceremonial desde la ciudad de Kioto. El dominio del país se sustentaba en una casta de guerreros nobles (Samurais), que tenían un alto código de valentía y honor (Bushido), y controlaban efectivamente al resto de la población.

En 1853, el comodoro Perry de Estados Unidos, bloqueó el puerto de Nagasaki con una flota de guerra, y exigió al Shogun que abriera los puertos al comercio. El Shogun tuvo que ceder, lo que minó su autoridad interna en forma dramática, y el Shogunato cayó en 1868. Esto provocó una transferencia efectiva del poder al Mikado.

El joven Mikado, Mutsuhito (también llamado Meiji), ascendió al poder en 1868, y efectuó una serie de reformas radicales con el objeto de "occidentalizar" a Japón. Se ha escrito mucho sobre las verdaderas intenciones de Meiji en este proceso. Algunos escritores lo consideran un reformador y un occidentalizador; otros consideran que su verdadero propósito era transformar a Japón en una potencia mundial, que pudiera enfrentarse con los principales países occidentales, de igual a igual, para nunca más le hicieran sufrir la humillación de Perry.

El emperador Mutsuhito trasladó su corte a Tokio, y gobernó con poder absoluto. Abolió el sistema feudal, quitando el poder a los Daimios, y reorganizó Japón en provincias, con nuevas autoridades designadas por él. Nombró una serie de ministros, que respondían ante él para implementar los nuevos planes de reforma, que en general iban orientados a copiar la estructura de los países occidentales más avanzados.

Las reformas más importantes del emperador Meiji fueron las siguientes:

1) Abolición del Feudalismo y abolición de las clases sociales. Igualdad de los japoneses ante la ley.
2) Creación de un nuevo poder judicial, con cortes de justicia, que respondían ante una corte suprema. Se les quitó la potestad judicial a Daimios y Samurais.
3) Nueva división del país, con funcionarios que reportan a las autoridades centrales.
4) Creación de un parlamento bicameral, con elección popular de los representantes en la cámara baja.
5) Nueva Constitución, siguiendo líneas alemanas, que se promulgó en 1891.
6) Creación de un ejército profesional, obligando a los Samurais a dejar de portar armas. Este ejército fue entrenado por oficiales contratados en Estados Unidos y Alemania. El modelo seguido fue el del ejército prusiano.
7) Creación de una marina de guerra. Esta fue entrenada por oficiales ingleses. El modelo

seguido fue el de la marina inglesa.

8) Creación de un Banco Central. Se intentó utilizar al principio un patrón oro, pero con el tiempo se terminó en un régimen de billetes inconvertibles.
9) Se crearon escuelas básicas y se decretó la educación primaria obligatoria. Para esto se contrataron profesores en occidente, que luego de aprender japonés, pasaban a enseñar en las escuelas.
10) Se crearon escuelas secundarias, con el mismo procedimiento. Una vez que los egresaban los alumnos de las escuelas secundarias, algunos de ellos se transformaban en profesores de las escuelas japonesas, y los profesores extranjeros ya no fueron necesarios.
11) Se crearon las primeras universidades en el país, al comienzo, con fuerte apoyo de universidades extranjeras.

Japón constituye un ejemplo notable de planificación a largo plazo. Okubo Toshimichi, uno de los principales ministros del emperador Meiji, escribió:

"Se requieren tres décadas para poner a Japón en la senda del desarrollo. La primera década (1868-77) es para crear las condiciones para el desarrollo. La segunda década (1878-87) es el periodo para organizar las funciones administrativas del gobierno, y para hacer los planes para el futuro económico. La tercera década (1888-97) es para obtener los objetivos trazados y su éxito depende de la emergencia de nuevos líderes jóvenes que lleven a cabo los objetivos trazados en la segunda década".

Progreso Técnico

El progreso técnico de Japón se puede definir como una copia inteligente de las tecnologías extranjeras, adaptación a la realidad japonesa, y perfeccionamiento de éstas.

Al comienzo de la era Meiji, se trajeron expertos y técnicos agrícolas, para introducir nuevos cultivos y técnicas de producción, así como el uso de fertilizantes. También se construyeron canales, embalses y caminos, para mejorar fuertemente la productividad de la agricultura.

Desde el Ministerio de Industrias, se definieron sectores clave a desarrollar, los cuales fueron apoyados con créditos e investigación tecnológica. El Ministerio enviaba al exterior a estudiantes becados, con la misión de profundizar sus conocimientos en ciertas áreas clave. Los estudiantes pagaban sus estudios, haciendo informes al Ministerio respecto de las áreas encargadas, y luego eran relocalizados para que trabajaran en esos mismos sectores de su especialización.

El progreso tecnológico de Japón estuvo basado en la copia inteligente y el espionaje industrial, en general. Los estudiantes eran enviados a los mejores centros de educación superior de todo el mundo. Mediante este procedimiento, Japón pudo avanzar bastante hacia el desarrollo, antes de haber realizado inventos de importancia.

Un ejemplo notable del progreso técnico hecho con este método, es el de Koichi Toyoda. Él y un grupo de ingenieros japoneses fueron enviados por su padre, el dueño de la fábrica Toyota, a una larga práctica en la fábrica de automóviles Ford en Detroit. Koichi observó el método de la cadena continua, y le llamó la atención que se aceptara que un porcentaje importante de los autos salieran "fallados". Estas fallas se reflejaban en que algunos autos, típicamente salían paneros, y vivían en reparación. En cambio, otros autos, muchas veces producidos a mediados de la semana, nunca tenían panas.

Cuando volvió a Japón, su padre le pasó el control de la fábrica Toyota. Allí, él inventó el concepto de "calidad total". Dio autoridad a todos los trabajadores para detener la cadena de producción, cada vez que detectaban una falla. Los trabajadores se reunían en "círculos de

calidad”, en que ofrecían sugerencias para solucionar el problema. Cuando el problema estaba solucionado, la producción continuaba. Así logró producir automóviles Toyota, que salían casi sin fallas, y por lo tanto no tenían panas. Esta técnica fue copiada, y adoptada por toda la industria automotriz japonesa.

Otro invento japonés importante, fue la coordinación de la cadena logística, en que se redujeron las existencias, y se entregó a los proveedores la responsabilidad de abastecer las líneas de producción justo cuando se las necesitaba: “Just in time”. Ello permitió reducir fuertemente el espacio de las bodegas, y los costos de inventarios.

También se desarrolló el concepto de “Lean production”, que implicaba formar organizaciones planas, con pocos niveles jerárquicos, lo que daba agilidad a la toma de decisiones, y reducía fuertemente los costos.

Política Económica

Japón es un ejemplo de sistema económico de libre mercado en la parte interna, combinado con fuerte protección en el comercio internacional. En cierta forma, es una política mercantilista: se fomentan las exportaciones y se frenan las importaciones. Cuando Japón se comprometió a abrir sus puertos al comercio por la presión norteamericana fue forzado a imponer tarifas arancelarias máximas de 5 % (resulta irónico que un país que tenía aranceles superiores al 50 % fuerce a otro a tener tarifas de 5%). Como esto fue una imposición externa, los japoneses descubrieron que, con permisos y barreras para-arancelarias, podían lograr la protección que quisieran, aunque sus aranceles nominales fueran bajos.

En cuanto al Estado, éste tuvo un rol protagónico en conducir la asignación de recursos, mediante una planificación indicativa del Ministerio de Industrias. El Estado apostaba por ciertas industrias, y éstas eran favorecidas en términos de créditos blandos y estímulos en general.

En cuanto al derecho de propiedad, éste fue protegido por el Estado, y fue la base de la legalidad.

La política monetaria, se basó en un Banco Central, que comenzó tratando de imponer un patrón oro, pero rápidamente abandonó esta política por el billete inconvertible.

Transformación de Sectores Productivos

Con la introducción de nuevas tecnologías agrícolas, nuevos cultivos y fertilizantes, se logró un fuerte aumento de la producción. Esto permitió que el gobierno del emperador Meiji, introdujera un alto impuesto a la tierra, que estaba destinado a mantener al campesinado en su nivel de subsistencia, y generar importantes recursos para el Estado.

Estos recursos se destinaron a construir caminos, puertos y todo tipo de infraestructura. También se abrieron minas, se construyeron astilleros para la fabricación de barcos, plantas siderúrgicas, y fábricas de todo tipo.

Una vez que el Estado hubo creado estas empresas, éstas se privatizaron, vendiéndolas a precios nominales a los antiguos Daimios y señores feudales. Estos compraron esas empresas, con los mismos flujos que ellas producían. Esto hizo que, desde un punto de vista social, los antiguos señores feudales se transformaran en los nuevos señores industriales. La capa noble

superior se mantuvo intacta en la transición de la vieja economía agrícola y feudal a la economía industrial moderna. Con esto, se les compensó en parte, la pérdida de sus privilegios feudales.

Las familias nobles más importantes pudieron comprar las empresas principales, y formaron los grupos económicos más influyentes: los Zaibatsu. Los nombres de las familias Mitsubishi, Matsushita, Suzuki, Toyotomi, Toyoda, Sumitomo, Marubeni, Honda, Toshiba, entre otras, son las más conocidas. Esto introdujo algunas características feudales en las empresas japonesas, como la relación entre un vasallo y su señor. El señor presta protección al vasallo, a cambio de su lealtad de por vida. Esto generó la costumbre del empleo de por vida, y la lealtad inquebrantable de los trabajadores japoneses a las empresas en donde trabajan.

En los comienzos del desarrollo, Japón fue un exportador de alimentos, lo que le permitió generar las divisas para financiar su desarrollo. A medida que se fue desarrollando la industria, Japón dejó de exportar alimentos y pasó a ser un exportador de manufactura industrial de baja calidad. Incluso hay anécdotas de que el sello "Made in Japan" no era bien visto en un comienzo. Después de la segunda guerra mundial, la calidad de las exportaciones japonesas comenzó a mejorar en forma notable. El Ministerio de Industria se propuso liderar las exportaciones mundiales en automóviles, electrónica e industria química, y fue ampliamente exitoso en las dos primeras.

Japón se transformó en líder mundial de automóviles de buena calidad. También pasó a liderar la industria electrónica. Los productos industriales japoneses eran sinónimo de calidad, y el sello "Made in Japan" pasó a ostentarse con orgullo. Su crecimiento fue impulsado por las exportaciones, y Japón pasó a ser la primera economía no occidental en alcanzar el Desarrollo Económico.

El PIB per cápita de Japón se duplicó entre 1870 y 1913, se volvió a duplicar entre 1913 y 1940, y luego creció casi cinco veces entre 1940 y 1980. En el año 2016, el PIB per cápita de Japón es alrededor de 58 veces el PIB per cápita de una economía agrícola.

Sistema Político

Con el comienzo de la restauración Meiji, el sistema feudal del Shogunato Tokugawa fue reemplazado por un gobierno absoluto de corte más occidental, encabezado por el emperador Mutsuhito.

Las reformas Meiji fueron fuertemente resistidas por los nobles Samurai, que representaban alrededor del 7 % de la población. Se les dio una pensión gubernamental, pero ellos se negaban a ser despojados de sus dos espadas, que llevaban en forma continua. Ello dio origen a guerras civiles localizadas, que fueron reprimidas por el nuevo ejército en formación.

El nuevo ejército japonés, entrenado por oficiales prusianos, adoptó los valores Samurai, lo que presumiblemente, hizo que muchos de los guerreros Samurai más jóvenes se enlistaran. Ello llevó a una mezcla temible entre una disciplina prusiana, tecnología militar moderna, y el arrojo y los valores del Bushido. ¡Una verdadera máquina de guerra!

La nueva marina, entrenada por los británicos, también se transformó en un arma formidable.

En 1894, Japón se enfrentó con China y la venció en 1895. Mediante el tratado de Shimonoseki, China le concedió a Japón la isla de Taiwan y un protectorado sobre Corea y la península de Liaodong.

Sin embargo, Rusia deseaba tener un puerto cálido, que no se congelara en invierno, y le pidió territorios a China en Port Arthur para tener ese puerto. Japón se vio obligado a ceder Port Arthur a Rusia, lo que generó fuertes tensiones.

En 1904, Japón le declaró la guerra a Rusia, atacó Port Arthur, y hundió los barcos de guerra

rusos. El ejército imperial japonés venció a Rusia en 1905, quitándole esos territorios, ocupando Corea y las islas Sajalin. Las inesperadas derrotas rusas ante los japoneses fueron el detonante de la revolución rusa de 1905.

El Zar desesperado envió a sus flotas del Báltico y del Mar Negro – un viaje de 29.000 km – para enfrentarse a los japoneses en Vladivostok. Sin embargo, el almirante Togo los interceptó en la batalla de Tsushima, y destrozó a toda la flota rusa. En 1910, Japón anexó oficialmente Corea a su imperio.

En 1912 falleció el emperador Mutsuhito y lo sucedió su hijo, el emperador Hirohito.

En 1914, con el estallido de la primera guerra mundial, Japón se alió con Francia e Inglaterra y ocupó las colonias alemanas en el Asia. Se apoderó del puerto de Quindao en China, y de las islas Marianas, Carolinas, Marshall y Bismark en el Pacífico.

En el plano interno, se fue desarrollando una fuerte pugna entre los tecnócratas, que le daban prioridad a los asuntos relativos al desarrollo económico de Japón, y los militaristas, que le daban prioridad a la expansión del Imperio. Con el asesinato del primer ministro Inukai Tsuyoshi, los militares se apoderaron del gobierno.

En 1931, el ejército imperial japonés se lanzó a la conquista de Manchuria, a la que logró someter en 1933. Esta se transformó en el reino de Manchuquo, un estado vasallo de Japón, y la corona se ofreció a Pu Yi, el último emperador chino de la dinastía Ching.

Aprovechando el estado de anarquía que existía en China, entre 1934 y 1937 Japón invadió toda la costa china, capturando las ciudades de Pekin, Nankin y Shanghai, entre otras.

En 1940, Japón firmó un pacto tripartito con Alemania e Italia, lo que le permitió invadir la Indochina Francesa en ese mismo año.

En 1941, entró en conflicto con Estados Unidos, y atacó la base de Pearl Harbor en Hawaii. Esto hizo que Japón entrara de lleno a la segunda guerra mundial. Entre 1941 y 1942, Japón invadió Hong-Kong, Malasia, Singapur, Filipinas, Indonesia y Birmania.

En 1945, Japón recibió el impacto de dos bombas atómicas lanzadas por Estados Unidos sobre sus ciudades de Hiroshima y Nagasaki, y fue obligado a rendirse.

Fue ocupado por los Estados Unidos entre 1945 y 1952, y gobernado por el general Douglas McArthur. Este aprovechó de escribir una nueva Constitución que transformó a Japón en una monarquía parlamentaria.

Desde 1945, el emperador “reina, pero no gobierna”, al igual que en Inglaterra.

Desde 1952, el poder ejecutivo es ejercido por un Primer Ministro, elegido por mayoría en el parlamento.

El poder legislativo está radicado en un parlamento bicameral, elegido por votación popular.

El poder judicial es independiente, y está sujeto a una corte suprema.

CAPITULO 4 ACUMULACIÓN DE CAPITAL

Alcanzar el Desarrollo Económico implica lograr una enorme y desproporcionada acumulación de capital a través del tiempo. Los primeros modelos que se propusieron para explicar el paso hacia el desarrollo enfatizaron este aspecto. Esto dio origen a los llamados modelos de crecimiento (Economic Growth models).

Un modelo de crecimiento tiene tres componentes fundamentales:

1) Una función de producción
2) Una teoría acerca del crecimiento de la población y de la fuerza de trabajo
3) Una teoría acerca del ahorro.

Un modelo es básicamente una construcción lógica a partir de un conjunto supuestos. El modelo siempre es correcto a partir de los supuestos. Si los supuestos se cambian, se obtiene un modelo diferente. Saber cuál modelo es más apropiado para describir una situación particular, no es una cuestión lógica, sino una cuestión empírica. El mejor modelo es siempre el que explica mejor la realidad.

Un artículo que influenció mucho la discusión de los modelos de crecimiento fue uno de Nicolás Kaldor en que enumeró algunas regularidades empíricas que había seguido la economía norteamericana:

Estas regularidades empíricas eran las siguientes:

1) El stock de capital crece a lo largo del tiempo

2) La renta del capital es aproximadamente constante

3) La relación capital-producto es aproximadamente constante

4) La tasa de ahorro de la economía es aproximadamente constante

5) La participación funcional del ingreso es estable

Kaldor pedía que los modelos de crecimiento que se formularan, fueran capaces de replicar estas regularidades empíricas, por lo menos para algunos parámetros.

A continuación, se revisarán varios modelos diferentes de crecimiento, descritos en la literatura económica.

4.1 El Modelo de Harrod-Domar

Este fue el primer modelo propuesto en la literatura económica. Fue el resultado de los trabajos del economista inglés, Sir Roy Harrod y del economista sueco, Evsey Domar. Por ello se conoce este modelo por sus dos autores.

Este modelo está construido sobre los tres siguientes supuestos:

1) La función de producción de la economía es de coeficientes fijos. Es decir, si Q es el PIB, L es el empleo, y K es el stock de capital, entonces:

$$Q = Min\left(\frac{K}{v}, \frac{L}{a}\right)$$ (Ecuación 4.1)

en que los parámetros “v” y “a” son coeficientes fijos, que reflejan la productividad de los factores productivos. Supone que todos los factores productivos pueden agregarse apropiadamente en dos categorías: capital y trabajo.

2) La población y la fuerza de trabajo crecen a un ritmo constante igual a n. Si se supone una condición de pleno empleo, ello hace que el empleo también tenga que crecer a ese mismo ritmo n. Denotando con un punto sobre la variable a su derivada con respecto al tiempo, y con un sombrero sobre la variable, a su ritmo de crecimiento, este supuesto se expresa matemáticamente como:

$$\hat{L} = \frac{\dot{L}}{L} = n$$ (Ecuación 4.2)

3) La tasa de ahorro es constante e igual a s. Si S es el ahorro total y Q es el producto, entonces:

$$S = s \cdot Q$$ (Ecuación 4.3)

Estas tres ecuaciones definen el modelo de crecimiento de Harrod-Domar.

Harrod y Domar, se dieron cuenta que los coeficientes fijos hacía difícil lograr el pleno empleo del factor capital, al mismo tiempo que el pleno empleo del factor trabajo. La única forma en que esto se podía lograr era que:

$$Q = \frac{K}{v} = \frac{L}{a}$$

Lo que implicaba que trabajo y capital tenían que estar en una proporción precisa:

$$\frac{K}{L} = \frac{v}{a}$$

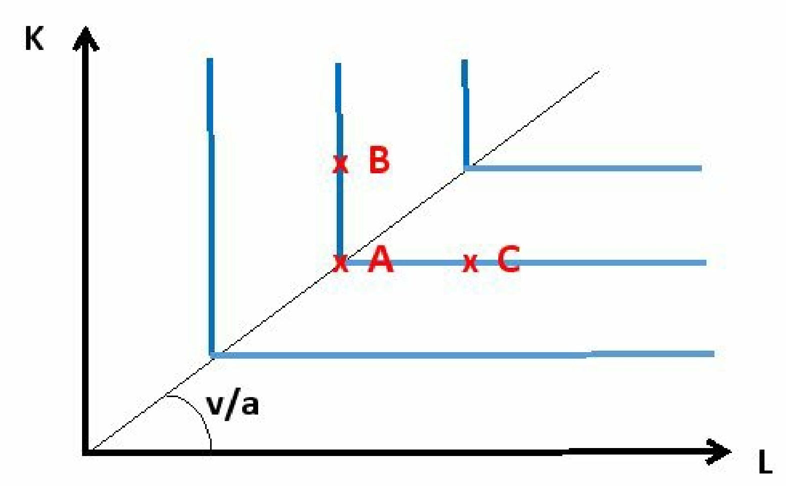
Si se denota a la razón capital por trabajador por k, se tiene que si:

$$k = \frac{K}{L} < \frac{v}{a}$$ entonces necesariamente se produce desocupación del factor trabajo

Por otro lado, si:

$$k = \frac{K}{L} > \frac{v}{a}$$ entonces necesariamente se produce desocupación del factor capital

Figura 24. Dotación de Factores y Coeficientes Fijos



Gráficamente, la función de producción de coeficientes fijos produce isocuantas de tipo L, como se muestra en la figura 24. Si la dotación de factores es como la del punto A, el capital y el trabajo se encuentran en la proporción v/a, lo que permite el pleno empleo de ambos factores.

Si, por el contrario, la dotación de factores está en el punto B, hay un "exceso" de capital o una "falta" de trabajo. En este caso no se alcanza la plena ocupación del capital.

Si la dotación de factores está en el punto C, entonces hay un "exceso" de trabajo o una "falta" de capital. Se genera un desempleo "estructural".

En la visión Keynesiana, predominante en la época de Harrod y Domar, un "exceso" de capital también podía producir desempleo. En dicho enfoque el PIB observado era el mínimo entre la oferta agregada (la función de producción agregada) y la demanda agregada. Si había un "exceso" de capital, era probable que se derrumbara la inversión (¿Para qué invertir si sobra capital?). Esto reducía la demanda agregada, y llevaba la economía a una recesión.

A menos que la dotación de factores estuviera exactamente en la proporción v/a, la economía se debatía entre un desempleo "estructural" o una recesión provocada por un "déficit de demanda agregada".

Equilibrio del Filo de la Navaja

Cuando se considera el crecimiento, la situación se hace más difícil. Una vez alcanzado el pleno empleo del factor trabajo, para mantenerlo en dicha situación la economía tiene que crecer a un ritmo igual a n:

$Q = \frac{L}{a}$ Pleno empleo del factor trabajo

$$\ln Q = \ln L - \ln a$$

$$\hat{Q} = \hat{L} = n \qquad \text{(Ecuación 4.4)}$$

Harrod y Domar llamaron a la ecuación 4.4, la tasa de crecimiento natural. Era el ritmo de crecimiento del PIB necesario para mantener la economía en pleno empleo.

Por otro lado, para mantener el pleno empleo del factor capital se tiene que:

$$Q = \frac{K}{v}$$ Pleno empleo del factor capital

Derivando con respecto al tiempo la ecuación anterior

$$\dot{Q} = \frac{\dot{K}}{v}$$

Como ex – post, el ahorro siempre tiene que ser igual a la inversión:

$$S = s \cdot Q = I = \dot{K} + \delta \cdot K$$ en que δ es la tasa de depreciación

Combinando las últimas dos ecuaciones, se obtiene:

$$\hat{Q} = \frac{s}{v} - \delta$$ (Ecuación 4.5)

Harrod y Domar bautizaron la ecuación anterior como la tasa de crecimiento garantizada. Es igual al ritmo de crecimiento del factor capital. También es el ritmo de crecimiento en el PIB necesario para mantener el pleno empleo del factor capital, y que no se genere un déficit de demanda agregada, por un derrumbe de la inversión.

Si se desea mantener simultáneamente pleno empleo del factor trabajo, junto con pleno empleo del factor capital, se deben cumplir la ecuación 4.4 y 4.5, es decir:

$$\frac{s}{v} = n + \delta$$ (Ecuación 4.6)

Harrod y Domar bautizaron a la ecuación anterior, como "el equilibrio del filo de la navaja", ya que es una condición difícil de alcanzar, y una vez que se alcanza, pequeñas desviaciones hacia uno u otro lado, generan una situación de desequilibrio creciente. En este sentido, es un modelo que predice resultados bastante pesimistas, respecto de las posibilidades de un crecimiento sostenido.

En el modelo de Harrod-Domar, la probabilidad de que se cumpla la condición del "filo de la navaja" es cercana a cero, ya que s es un dato de comportamiento y preferencia de los consumidores, n es un dato biológico dado por el ritmo de crecimiento de la población, y v y δ son parámetros tecnológicos. Si se sacara al azar, un conjunto de estos cuatro parámetros, ¿cuál sería la probabilidad de que se cumpliera la ecuación 4.6?

En una situación de desequilibrio, si s/v es mayor que n + δ, entonces el capital está creciendo más rápido que el trabajo. El trabajo se haría escaso, y el capital se volvería redundante, con un claro peligro de derrumbe de la inversión, y una recesión por déficit de demanda agregada.

Por otro lado, si s/v es menor que n + δ, entonces el trabajo está creciendo más rápido que el capital. El capital se vuelve escaso y el trabajo se vuelve redundante. Esto genera una situación de desocupación creciente. La economía crece, pero con un desempleo estructural que se va haciendo cada vez más grande. Esto último puede terminar con una revolución de los desocupados, en línea con el pensamiento marxista.

El modelo de Harrod-Domar conduce a conclusiones bastante pesimistas, en línea con los planteamientos keynesianos y marxistas. Ello se debe a la rigidez de sus parámetros, que no permiten ajustes. Basta que un parámetro pueda acomodarse, para remover este desequilibrio. Ello puede lograrse ajustando n (de acuerdo al planteamiento Malthusiano que se verá más adelante), ajustando s (de acuerdo al modelo de Kaldor), o ajustando v (de acuerdo al modelo de Solow).

Ejercicio de Modelo de Harrod-Domar

"Se tiene una economía con una función de producción de coeficientes fijos. La relación capital-producto es igual a 3. El ritmo de crecimiento de la población es igual a 2 % anual. La tasa de depreciación es igual a 3 %. La tasa de ahorro es igual a 15 %. i) Encuentre la tasa de crecimiento garantizada. ii) ¿Puede esta economía tener plena ocupación del factor trabajo y capital?. iii) Si la respuesta es negativa, ¿Qué problemas de crecimiento enfrenta esta economía?"

Respuesta:

La tasa de crecimiento garantizada, que garantiza pleno empleo del factor capital es:

$$\hat{Q} = \frac{s}{v} - \delta \qquad \hat{Q} = \frac{0{,}15}{3} - 0{,}03 = 0{,}02 = 2\%$$

La tasa de crecimiento natural, que garantiza pleno empleo del factor trabajo es:

$$\hat{Q} = n \; \hat{Q} = 0{,}02 = 2\%$$

Como ambas tasas son iguales, se cumple la condición del filo de la navaja.

$$\frac{s}{v} = \frac{0{,}15}{3} = n + \delta = 0{,}02 + 0{,}03 = 0{,}05$$

Esto asegura que se mantienen el pleno empleo del factor capital y trabajo, siempre que inicialmente la economía parta de un pleno empleo en ambos factores. Ello requiere que la dotación inicial de factores esté en la relación v/a.

Si esto no se cumpliera, es necesario que la economía crezca un poco más rápido al principio, si hubiera un exceso de trabajo. Ello permitiría que se nivelara la relación capital-trabajo a la relación tecnológica v/a. Al principio, existiría desocupación del factor trabajo.

Si inicialmente existiera un exceso de capital, la economía debería crecer más lento que 2 % anual, hasta que la relación capital-trabajo esté en la relación v/a. Durante ese periodo habría desocupación del factor capital.

4.2 El Modelo de Kaldor-Pasinetti

En este modelo, el "equilibrio del filo de la navaja" se logra, a través de un ajuste en la tasa de ahorro. Este modelo surgió de los trabajos de los economistas Nicholas Kaldor y Luigi Pasinetti.

Este modelo está construido sobre los tres siguientes supuestos:

1) La función de producción de la economía es de coeficientes fijos. Es decir, si Q es el PIB, L es el empleo, y K es el stock de capital, entonces:

$$Q = Min\left(\frac{K}{v}, \frac{L}{a}\right)$$ El mismo supuesto de Harrod-Domar

2) La población y la fuerza de trabajo crecen a un ritmo constante igual a n. Si se supone una condición de pleno empleo, ello hace que el empleo también tenga que crecer a ese mismo ritmo n:

$$\hat{L} = \frac{\dot{L}}{L} = n$$ El mismo supuesto de Harrod-Domar

3) De acuerdo a la distribución funcional del ingreso, la población se divide entre aquellos que derivan su ingreso principalmente del trabajo (los "trabajadores") y aquellos que derivan su ingreso principalmente del capital (los "capitalistas". Los "trabajadores" ahorran poco o nada, y su propensión marginal al ahorro es s_L. Los "capitalistas" tienen una propensión a ahorrar más alta, e igual a s_K. El ahorro total de esta economía es:

$$S = s_K \cdot (R \cdot K) + s_L \cdot (w \cdot L)$$ (Ecuación 4.7)

En este modelo, la tasa de ahorro agregado de la economía depende de la distribución funcional del ingreso. Dividiendo la ecuación anterior por el PIB:

$$s = \frac{S}{Q} = s_K \cdot \left(\frac{RK}{Q}\right) + s_L \cdot \left(\frac{wL}{Q}\right)$$

Cambios en la distribución funcional del ingreso, afectan la tasa de ahorro agregado de la economía. Si se denomina θ_K a la participación del capital en el ingreso geográfico:

$$s = \theta_K \cdot s_K + \theta_L \cdot s_L = s_L + (s_K - s_L) \cdot \theta_K$$

Como $$\theta_K = \left(\frac{K}{Q}\right) \cdot R = v \cdot (r + \delta)$$

Se tiene finalmente:

$$s = s_L + (s_K - s_L) \cdot v \cdot (r + \delta)$$ (Ecuación 4.8)

La última ecuación indica que la tasa de ahorro agregado responde positivamente a la tasa de interés real de la economía, a través de un cambio en la distribución funcional del ingreso. En este modelo, la distribución funcional del ingreso actúa como variable de ajuste, para lograr que la economía evite las "recesiones keynesianas", manteniendo pleno empleo del factor capital, y simultáneamente alcance una situación de pleno empleo del factor trabajo.

La tasa de interés real de equilibrio (r*) se obtiene de las ecuaciones 4.6 y 4.8:

$$s = s_l + (s_K - s_L) \cdot v \cdot (r + \delta) = (n + \delta) \cdot v$$

$$r^* = \frac{(n+\delta)\cdot v - s_L}{(s_K - s_L)\cdot v} - \delta$$ (Ecuación 4.9)

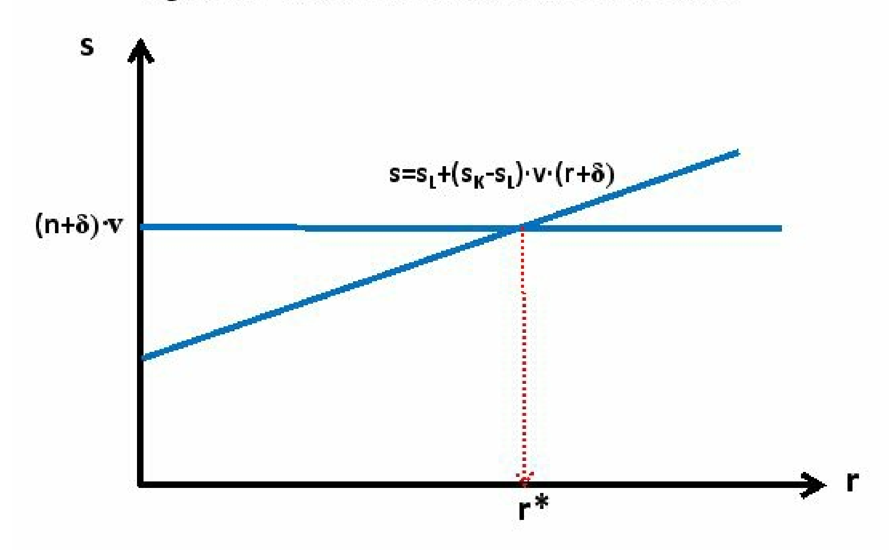


Figura 25. Tasa de interés real en modelo de Kaldor

En la figura 25, se muestra el equilibrio gráfico de este modelo.

Ello permite encontrar, la participación funcional del ingreso de equilibrio, del capital y del trabajo:

$$\theta_K^* = 1 - \theta_L^* = v\cdot(r^* + \delta)$$ (Ecuación 4.10)

Lo cual a su vez permite encontrar la tasa de ahorro de equilibrio:

$$s^* = (n+\delta)\cdot v$$ (Ecuación 4.11)

El PIB por trabajador surge de la condición de pleno empleo del factor trabajo:

$$q^* = \frac{Q}{L} = \frac{1}{a}$$ (Ecuación 4.12)

Los salarios reales surgen de la participación del trabajo de equilibrio:

$$\theta_L = \left(\frac{w\cdot L}{Q}\right)$$

$$w^* = q^* \cdot \theta_L^*$$ (Ecuación 4.13)

Lo interesante de este modelo, es que es completamente consistente con las cinco regularidades empíricas de Kaldor, además de conducir siempre hacia un equilibrio de crecimiento estable (la condición de estabilidad es que $s_K > s_L$). El modelo de Harrod-Domar solo es consistente con ellas, si se cumple el equilibrio del filo de la navaja.

Otro resultado notable, es que para mantener la relación capital-producto constante, e igual a v, este parámetro no debe cambiar a través del tiempo. En otras palabras, el progreso técnico debe mantener la relación capital-producto constante. Lo único que puede cambiar es la productividad del trabajo. Esto se conoce como progreso técnico neutral a la Harrod, que se

estudiará más adelante.

En la medida que los parámetros v como a, permanezcan constantes, la economía solo tiene crecimiento extensivo. En otras palabras, crece el PIB total al mismo ritmo que crece la población (n). El PIB por trabajador permanece constante.

$\hat{Q} = n$ Crecimiento sin progreso técnico

Por otro lado, si hay un progreso técnico neutral a la Harrod, entonces el parámetro a disminuye a lo largo del tiempo. En este caso si hay un crecimiento intensivo, que hace que crezca tanto el PIB por trabajador como los salarios reales:

$\hat{q} = \hat{w} = -\hat{a}$ Crecimiento con progreso técnico

Ejercicio de Modelo de Kaldor

"Una economía de coeficientes fijos, tiene una relación capital-producto igual a 3. El ritmo de crecimiento de la población es de 2 % anual. Los capitalistas ahorran un 30 % de su ingreso, y los trabajadores no ahorran nada. La tasa de depreciación es del 3 % anual. i) ¿cuál es la tasa de interés real de equilibrio? ii) ¿cuál es la distribución funcional del ingreso de equilibrio? iii) ¿Cuál es la tasa de ahorro de esta economía? iv) ¿cuál es el ritmo de crecimiento del PIB?

Respuesta:

Del planteamiento se tiene que v = 3; n = 0,02; s_K = 0,3; s_L = 0; y δ = 0,03

La tasa de interés real de equilibrio es la que permite alcanzar el equilibrio del filo de la navaja:

$$r^* = \frac{(n+\delta)\cdot v - s_L}{(s_K - s_L)\cdot v} - \delta$$

$$r^* = \frac{(0{,}02+0{,}03)\cdot 3}{(0{,}3)\cdot 3} - 0{,}03 = 0{,}1367 = 13{,}67\%$$

La participación funcional en el ingreso de equilibrio es la consistente con esta tasa real de interés:

$$\theta_K^* = 1 - \theta_L^* = v \cdot (r^* + \delta)$$

$$\theta_K^* = 1 - \theta_L^* = 3 \cdot (0{,}1367 + 0{,}03) = 0{,}5 = 50\%$$

Por lo tanto, también θ_L = 50%

La tasa de ahorro es la que permite alcanzar el equilibrio del filo de la navaja:

$$s^* = (n+\delta)\cdot v$$

$$s^* = (0{,}02+0{,}03)\cdot 3 = 0{,}15 = 15\%$$

El ritmo de crecimiento del PIB es:

$$\hat{Q} = n$$

$$\hat{Q} = 0,02 = 2\%$$

4.3 El Modelo de Solow

El modelo de Solow es el más utilizado de los modelos de crecimiento. Se basa en el trabajo del premio Nobel de economía, Robert Solow (1956).

Este modelo está construido sobre los tres siguientes supuestos:

1) La función de producción de la economía es de tipo neoclásica sujeta a retornos constantes a escala, es decir admite algún grado de sustitución entre capital y trabajo. Si Q es el PIB, L es el empleo, y K es el stock de capital, entonces:

$$Q = F(K, L)$$ (Ecuación 4.14)

en que las productividades marginales de los factores son positivas y decrecientes.

$F'_K > 0 \qquad F'_L > 0 \qquad F''_{KK} < 0 \qquad F''_{LL} < 0$

2) La población y la fuerza de trabajo crecen a un ritmo constante igual a n. Si se supone una condición de pleno empleo, ello hace que el empleo también tenga que crecer a ese mismo ritmo n.

$$\hat{L} = \frac{\dot{L}}{L} = n$$ Mismo supuesto de Harrod-Domar

3) La tasa de ahorro es constante e igual a s. Si S es el ahorro total y Q es el producto, entonces:

$$S = s \cdot Q$$ Mismo supuesto de Harrod-Domar

Estas tres ecuaciones definen el modelo de crecimiento de Solow

El hecho de que la función de producción agregada esté sujeta a retornos constantes a escala implica que las productividades medias y marginales del trabajo y del capital solo dependan de la relación capital-trabajo (k), que se convierte en una variable de estado de la economía.

En efecto, retornos constantes a escala implica que la función de producción es homogénea de grado uno:

$$F(\lambda K, \lambda L) = \lambda \cdot Q$$

Si se duplican los factores capital y trabajo (λ=2), entonces se duplica la producción. Esto es válido para cualquier proporción λ. En particular, si se hace λ = 1/L

$$F\left(\frac{K}{L}, 1\right) = \frac{Q}{L}$$

Esto implica que el PIB por trabajador (q) solo depende de la relación capital-trabajo.

$$q = \frac{Q}{L} = F(k, 1) = f(k)$$ (Ecuación 4.15)

Lo anterior es también igual a la productividad media del trabajo. La productividad media del capital, también depende de la relación capital trabajo:

$$\frac{Q}{K} = \frac{Q}{L} \cdot \frac{L}{K} = \frac{f(k)}{k}$$ (Ecuación 4.16)

Esta relación es el inverso de la relación capital-producto.

La productividad marginal del trabajo se obtiene derivando la ecuación 4.15:

$$PMa_L = \frac{\partial Q}{\partial L} = \frac{\partial}{\partial L}\left[L \cdot F\left(\frac{K}{L},1\right)\right] = f(k) - k \cdot f'(k)$$ (Ecuación 4.17)

Esta solo depende de la relación capital-trabajo.

La productividad marginal del capital se obtiene en forma similar:

$$PMa_K = \frac{\partial Q}{\partial K} = \frac{\partial}{\partial K}\left[L \cdot F\left(\frac{K}{L},1\right)\right] = f'(k)$$ (Ecuación 4.18)

Esta última ecuación también sólo depende de la relación capital-trabajo.

Solow supone la existencia de mercados competitivos para los factores productivos, lo que hace que los pagos reales a los factores, sean iguales a sus productividades marginales.

$$w = PMa_L = f(k) - k \cdot f'(k)$$ (Ecuación 4.19)

$$R = PMa_K = f'(k)$$ (Ecuación 4.20)

La distribución funcional del ingreso, también depende sólo de la relación capital-trabajo:

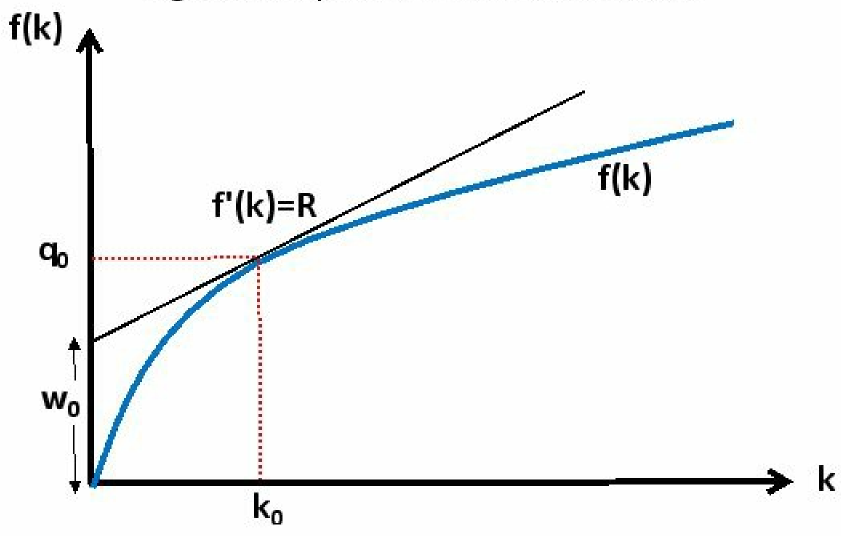
$$\theta_L = \left(\frac{w \cdot L}{Q}\right) = \frac{f(k) - k \cdot f'(k)}{f(k)}$$ (Ecuación 4.21)

$$\theta_K = \left(\frac{R \cdot K}{Q}\right) = \frac{f'(k) \cdot k}{f(k)}$$ (Ecuación 4.22)

El PIB per cápita (y) depende de la relación capital-trabajo (k) y de la relación entre el empleo (L) y la población total (N).

$$y = \left(\frac{Q}{N}\right) = \left(\frac{Q}{L}\right) \cdot \left(\frac{L}{N}\right) = \left(\frac{L}{N}\right) \cdot f(k)$$ (Ecuación 4.23)

Figura 26. Equilibrio en el modelo de Solow



En la figura 26 se puede ver el equilibrio de Solow en forma gráfica, dependiendo de la relación capital-trabajo.

Se observa que al dibujar el PIB por trabajador en función de la relación capital-trabajo (f(k)), se puede identificar para una relación capital-trabajo dado (k_0), la renta del capital de equilibrio, como la tangente a la curva evaluado en el punto k_0 ($R=f'(k_0)$). También se puede

identificar el producto por trabajador (q_0), y el salario real de equilibrio (w_0).

En el modelo de Solow, el proceso de desarrollo se puede ver gráficamente como un avance de la relación capital-trabajo (k) hacia la derecha.

La predicción del modelo sobre la evolución de las variables es la siguiente:

$$\frac{\partial y}{\partial k} = \left(\frac{L}{N}\right) \cdot f'(k) > 0$$ El PIB per cápita crece con el desarrollo

$$\frac{\partial q}{\partial k} = f'(k) > 0$$ El PIB por trabajador aumenta con el desarrollo

$$\frac{\partial w}{\partial k} = -k \cdot f''(k) > 0$$ Los salarios reales crecen con el desarrollo

$$\frac{\partial R}{\partial k} = f''(k) < 0$$ La renta del capital disminuye con el desarrollo

Las relaciones anteriores se cumplen sin progreso técnico. Cuando hay progreso técnico, la forma de la función f(k) cambia, lo cual produce términos adicionales, que pueden reforzar o atenuar los efectos.

¿Qué ocurre con la distribución funcional del ingreso en el modelo de Solow? La respuesta depende de la elasticidad de sustitución (σ) de la función de producción agregada.

$$\frac{\partial\left(\frac{R \cdot K}{w \cdot L}\right)}{\partial k} = \left(\frac{R}{w}\right) + k \cdot \frac{\partial\left(\frac{R}{w}\right)}{\partial k} = \left(\frac{R}{w}\right) \cdot \left[1 - \frac{1}{\sigma}\right]$$

El signo de esta derivada depende del valor que tome σ:

Si σ = 1, lo que se produce, por ejemplo, con una función de producción de producción agregada de tipo Cobb-Douglas, entonces esta derivada es igual a cero, y la participación funcional en el ingreso permanece constante.

Si σ < 1, lo que se genera, por ejemplo, con una función CES con imperfecta sustitución de capital y trabajo, entonces el signo de esta derivada es negativo, y en el proceso de desarrollo se redistribuye ingreso del capital hacia el trabajo. El trabajo aumenta su participación en el ingreso total, a medida que se acumula más capital.

Lo contrario ocurre si σ > 1. En este caso, la participación del capital aumenta y la del trabajo disminuye.

Las relaciones anteriores se cumplen, sin progreso técnico. Al considerar este, surgen términos adicionales que pueden reforzar o contraponerse a ellos.

Estado Estacionario

Para establecer el ritmo de crecimiento que tiene la economía, bajo el modelo de Solow, se debe partir del equilibrio de Ahorro-Inversión:

$$S = s \cdot Q = I = \dot{K} + \delta \cdot K$$

$$\hat{k} = \hat{K} - \hat{L} = \frac{\dot{K}}{Q} \cdot \frac{Q}{K} - n$$

$$\left(\frac{\dot{k}}{k}\right) = \left(s - \delta \cdot \left(\frac{K}{Q}\right)\right) \cdot \left(\frac{Q}{K}\right) - n$$

De donde se tiene:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k \quad \text{(Ecuación 4.24)}$$

La ecuación anterior recibe el nombre de ecuación diferencial del crecimiento neoclásico. Determina la velocidad a la cual crece la economía, y es una de las ecuaciones fundamentales de Solow.

El crecimiento en el modelo de Solow no es indefinido. En algún punto este se detiene haciendo que la economía entre en un estado estacionario.

Matemáticamente, el estado estacionario se obtiene igualando la ecuación 4.24 a cero:

$$\dot{k} = 0 = s \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k$$

$$s = (n + \delta) \cdot \left(\frac{k}{f(k)}\right)$$

El término k/f(k) = K/Q = v es igual a la relación capital-producto. Por lo tanto, esta relación se puede reescribir como:

$$\frac{s}{v} = n + \delta$$

Esto no es otra cosa más que la ecuación 4.6: el equilibrio del filo de la navaja. En otras palabras, en el modelo de Solow, se genera un proceso de crecimiento, desde una relación k_0 inicial hasta un k* estacionario. Una vez que se llega al estado estacionario, la economía se queda en un equilibrio del filo de la navaja. Este equilibrio, es la condición de largo-largo plazo del modelo.

El equilibrio estacionario se resuelve de la ecuación anterior:

$$s = (n + \delta) \cdot \left(\frac{k^*}{f(k^*)}\right) \quad \Rightarrow \quad k^* = k^* \left(\frac{s}{n + \delta}\right)$$

Una vez que se tiene k*, es posible obtener todas las otras variables de la economía, que sólo dependen de la relación capital-trabajo.

A diferencia del modelo de Harrod-Domar y Kaldor-Pasinetti, que solo pueden producir crecimiento intensivo con progreso técnico, el modelo de Solow, puede tener un periodo de crecimiento intensivo bastante largo, mientras pasa de una razón capital-trabajo dada, k_0 hasta llegar a su estado estacionario, k*.

En la figura 27 se muestra la trayectoria de crecimiento del modelo de Solow hasta el estado estacionario, y su respectivo diagrama de fases. Se observa, que la relación capital-trabajo va subiendo gradualmente, lo que hace crecer el PIB por trabajador (q) y el salario real (w), y disminuye la renta real del capital (R).

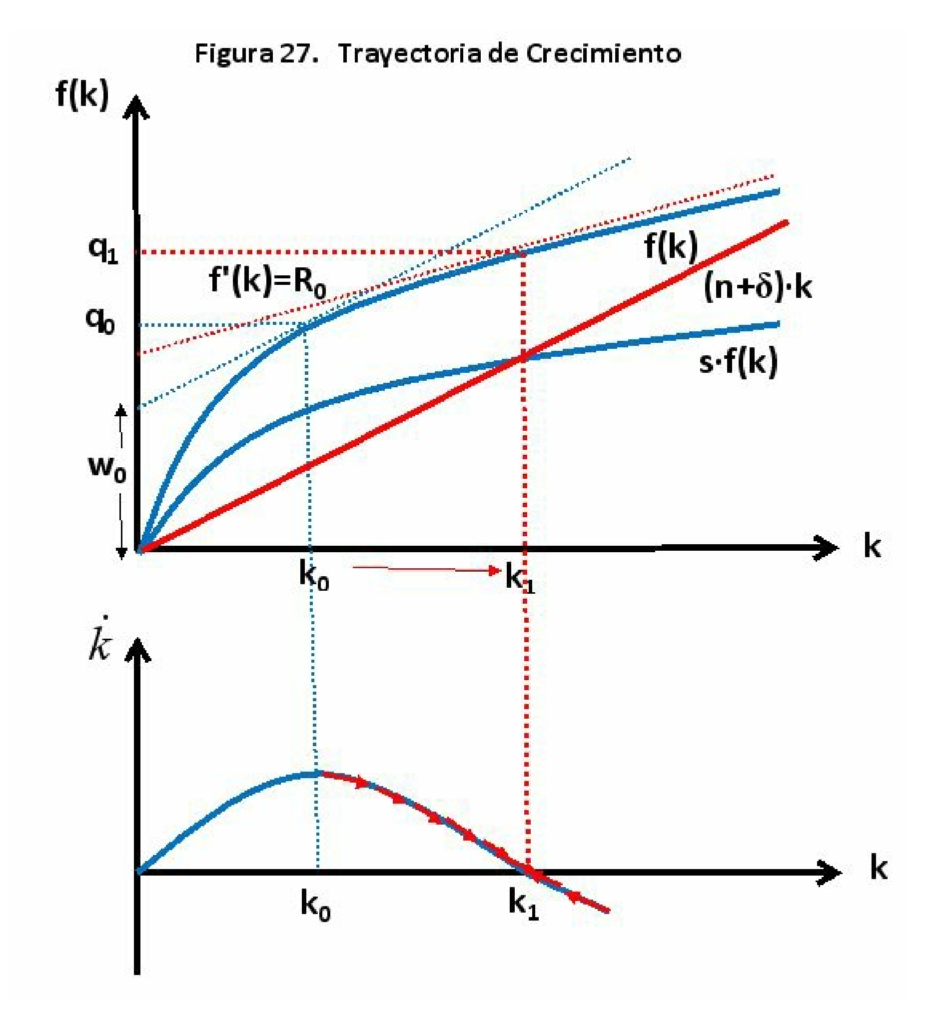


Figura 27. Trayectoria de Crecimiento

¿Siempre hay un estado estacionario?

Para que no exista estado estacionario se debe cumplir que la acumulación de capital por trabajador continúe en forma indefinida:

$$\hat{k} = s \cdot \frac{f(k)}{k} - (n + \delta) > 0$$

Esto implica que:

$$\lim_{k \to \infty} \frac{f(k)}{k} > \frac{n + \delta}{s}$$

Al aplicar la regla de L'Hopital se obtiene:

$$\lim_{k \to \infty} f'(k) > \frac{n + \delta}{s}$$

En otras palabras, la economía debe ser tan productiva, que la renta del capital, R, nunca caiga de un cierto nivel crítico (igual a (n+δ)/s), independientemente de cuanto capital haya logrado acumular.

Respecto de esta posibilidad hay distintas opiniones entre los economistas:

El economista Frank Knight era un optimista empedernido. Le tocó ver el gran desarrollo de Estados Unidos, las enormes de inversiones de ferrocarriles y otros proyectos rentables de gran envergadura. El afirmaba que siempre habría proyectos con una rentabilidad superior al 5 % real. Con una población que no creciera, y tasas de ahorro cercanas al 40 %, se podría no tener estado estacionario (¿China moderna?).

Modernamente, algunos economistas como Paul Romer y Robert Lucas propusieron algunos mecanismos de crecimiento endógenos, que permiten que la renta del capital se mantenga sobre el nivel crítico y no haya estado estacionario. Esto se conoce como los modelos de crecimiento endógeno, que se verán más adelante.

El otro extremo es el economista John Maynard Keynes. Keynes era pesimista respecto de que existieran muchos proyectos rentables cuando se acumulaba mucho capital. De hecho, incluso propone inversiones públicas abriendo hoyos, y luego volviéndolos a tapar, para estimular la economía. En este caso, siempre se llega a un estado estacionario.

Un caso intermedio, es el del economista Milton Friedman. Él pensaba que la rentabilidad del capital disminuía al aumentar la relación capital-trabajo, pero siempre era positiva (aunque probablemente del orden de 1 %). Con parámetros normales, esto conduce siempre a un estado estacionario.

El economista Ken Ichi Inada, propuso ciertas condiciones para la función de producción agregada, que garantizan la estabilidad de una trayectoria de crecimiento económico. Con estas condiciones, se asegura la existencia de un estado estacionario. Son condiciones suficientes, pero no necesarias.

Las condiciones de Inada son:

$$\lim_{k \to \infty} f'(k) = 0$$

$$\lim_{k \to 0} f'(k) = \infty$$

Se puede demostrar que la función de producción Cobb-Douglas, si $\alpha < 1$, cumple con las

condiciones de Inada, por lo que siempre conduce a un estado estacionario: $\lim_{k\to\infty} \frac{A\cdot\alpha}{k^{1-\alpha}} = 0$

$\lim_{k\to 0} \frac{A\cdot\alpha}{k^{1-\alpha}} = \infty$

En el caso de la función de producción CES, las condiciones de Inada se cumplen, si la elasticidad de sustitución es menor que uno, es decir que, es más difícil sustituir capital y trabajo, que en una función Cobb-Douglas.

$$f(k) = A\cdot\left[b\cdot k^{-\rho} + (1-b)\right]^{-\frac{1}{\rho}}$$

$$f'(k) = A\cdot b\cdot\left[b + (1-b)\cdot k^{\rho}\right]^{-\frac{1+\rho}{\rho}}$$

$\lim_{k\to\infty} A\cdot b\cdot\left[b + (1-b)\cdot k^{\rho}\right]^{-\frac{1+\rho}{\rho}} = 0$ si $\rho > 0$, lo que implica que $\sigma = \frac{1}{1+\rho} < 1$

En este caso se cumple la condición de Inada.

$\lim_{k\to\infty} A\cdot b\cdot\left[b + (1-b)\cdot k^{\rho}\right]^{-\frac{1+\rho}{\rho}} = A\cdot b^{-\frac{1}{\rho}} > 0$ si $\rho < 0$, lo que implica que $\sigma = \frac{1}{1+\rho} > 1$

Esto significa que, si la elasticidad de sustitución es mayor que uno, no se cumplen las condiciones de Inada.

Para que no exista estado estacionario, además se requiere que:

$\lim_{k\to\infty} f'(k) > \frac{n+\delta}{s}$ -

$$A\cdot b^{-\frac{1}{\rho}} > \frac{n+\delta}{s}$$

$$-\frac{1}{\rho} > \frac{\ln\left(\frac{n+\delta}{A\cdot s}\right)}{\ln(b)}$$

Lo que supone una elasticidad de sustitución muy alta entre el capital y el trabajo. De otro modo, la existencia del estado estacionario está asegurada.

¿De qué depende el estado estacionario?

Una pregunta que surge de inmediato, es si todos los países convergen llegan al mismo

estado estacionario, o si, por el contrario, cada país tiene un estado estacionario propio.

Para contestar esta pregunta, se supondrá que la función de producción es de tipo Cobb-Douglas. En este caso el estado estacionario surge de igualar a cero la ecuación 4.24, introduciendo la función de producción Cobb-Douglas:

$$\dot{k} = s \cdot A \cdot k^{\alpha} - (n + \delta) \cdot k = 0$$

$$s \cdot A \cdot k^{\alpha} = (n + \delta) \cdot k$$

$$k^* = \left(\frac{s \cdot A}{n + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$ Razón capital-trabajo estacionaria

$$q^* = A \cdot k^{*\alpha} = A \cdot \left(\frac{s \cdot A}{n + \delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$ PIB por trabajador estacionario

$$y^* = \left(\frac{L}{N} \right) \cdot q^* = \left(\frac{A \cdot L}{N} \right) \cdot \left(\frac{s \cdot A}{n + \delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$ PIB per cápita estacionario

Tomando logaritmo natural de esta última relación se tiene:

$$\ln(y^*) = \frac{1}{1-\alpha} \cdot \ln(A) + \ln\left(\frac{L}{N} \right) + \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \ln(s) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \ln(n + \delta)$$ (Ecuación 4.25)

Esta última ecuación indica que, en principio, cada país tiene un estado estacionario diferente.

Este estado estacionario depende de los siguientes parámetros:

Progreso técnico, representado en este modelo por el parámetro A. Mientras mayor es el progreso técnico, más elevado es el PIB per cápita estacionario. Su elasticidad se puede estimar como:

$$\frac{\partial \ln(y^*)}{\partial \ln(A)} = \frac{1}{1-\alpha}$$

Con un $\alpha = 0{,}4$ (USA), se tiene una elasticidad de 1,67. En otras palabras, un avance técnico que desplace la función de producción agregada en un 1 %, aumenta el PIB per cápita estacionario en 1,67 %.

Tasa de empleo, representado por (L/N). Esto es la proporción de la población total que está ocupado. Esto puede cambiar en el tiempo por cambios en la composición etárea y cambios en la tasa de participación. Su elasticidad es unitaria:

$$\frac{\partial \ln(y^*)}{\partial \ln\left(L/N \right)} = 1$$

Un 1 % que aumente la tasa de ocupación, se traduce en un aumento de 1 % en el PIB per cápita estacionario.

Tasa de ahorro, representada en este modelo por el parámetro s. Mientras mayor es la tasa de ahorro, mayor es el PIB per cápita del estado estacionario. Su elasticidad es:

$$\frac{\partial \ln(y^*)}{\partial \ln(s)} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

Suponiendo un parámetro α = 0,4, la elasticidad es 0,67. Si la tasa de ahorro fuera del 15 % del PIB (USA), un aumento de 1 punto porcentual del PIB en la tasa de ahorro generaría un aumento de 4,5 % en el PIB per cápita del estado estacionario.

Ritmo de crecimiento de la población, representada por el parámetro n en este modelo. Mientras más rápido crece la población, menor es el PIB per cápita estacionario. Su semi-elasticidad es:

$$\frac{\partial \ln(y^*)}{\partial n} = -\frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \left(\frac{1}{n+\delta}\right)$$

Suponiendo α = 0,4 y (n+δ) = 0,05, su semi-elasticidad es 13,33. Un incremento de 1 % anual en el ritmo de crecimiento de la población, reduce el PIB per cápita del estado estacionario en 13,33 %. Es extremadamente sensible a cambios en el ritmo de crecimiento de la población. Este cambio en el ritmo de crecimiento de la población se puede dar por razones demográficas, o bien por inmigración neta.

Como se ve, cada país tiene diferente tecnología (A), distintas tasas de empleo (L/N), tasas de ahorro muy diversas (s) y su población crece a ritmos también diferentes (n). Ello hace que la trayectoria de crecimiento de cada país sea única. Parten de distintas relaciones capital-trabajo, y se dirigen hacia estados estacionarios que son idiosincráticos para cada país.

¿Qué tan largo es el largo plazo?

Cabe preguntarse respecto del orden de magnitud del tiempo que se necesita para la trayectoria entre una relación capital-trabajo k_0 a una relación capital-trabajo k*. En otras palabras, ¿cuántos años se toma una economía para pasar de un estado inicial a acercarse a las vecindades del estado estacionario?

Suponiendo que la función de producción es del tipo Cobb-Douglas, con retornos constantes a escala, se tiene:

$$Q = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{1-\alpha}$$

$$q = \frac{Q}{L} = A \cdot \left(\frac{K}{L}\right)^{\alpha} = A \cdot k^{\alpha} = f(k) \qquad \text{(Ecuación 4.26)}$$

El equilibrio estacionario es:

$$s = (n+\delta) \cdot \left(\frac{k}{A \cdot k^{\alpha}}\right)$$

$$k^{1-\alpha} = \frac{A \cdot s}{n+\delta}$$

$$k^* = \left(\frac{A \cdot s}{n+\delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Introduciendo esta función en la ecuación 4.24 se tiene lo siguiente:

$$\frac{dk}{dt} = s \cdot A \cdot k^{\alpha} - (n+\delta) \cdot k$$

$$\frac{dk}{s \cdot A \cdot k^{\alpha} - (n+\delta) \cdot k} = dt$$

$$\int_{k_0}^{k^*} \frac{dk}{s \cdot A \cdot k^{\alpha} - (n+\delta) \cdot k} = \int_0^t dt = t$$

$$t = -\left. \frac{\ln\left(s \cdot A - (n+\delta) \cdot k^{1-\alpha}\right)}{(1-\alpha) \cdot (n+\delta)} \right|_{k_0}^{k^*}$$

$$t = \frac{1}{(1-\alpha) \cdot (n+\delta)} \left[\ln\left(s \cdot A - (n+\delta) \cdot k_0^{1-\alpha}\right) - \ln\left(s \cdot A - (n+\delta) \cdot k^{*1-\alpha}\right) \right]$$ (Ecuación 4.27)

El paso de una economía agrícola (US$ 400 GK de 1990) a una economía industrial desarrollada (US$ 15.000 GK de 1990) implica que el PIB por trabajador sube alrededor de 37,5 veces. Si se supone una función de producción Cobb-Douglas, esto implica que la relación capital-trabajo debe subir alrededor de 100 veces.

Si se supone, por ejemplo, los siguientes parámetros:

$A = 3$; $s = 0{,}2$; $\alpha = 0{,}5$; $n = 0{,}02$; $\delta = 0{,}03$ y $k_0 = 0{,}01 \cdot k^*$

Entonces el tiempo requerido para pasar de una relación capital-trabajo k_0 igual al 1 % de su relación estacionaria, hasta acercarse al 95 % de su estado estacionario, es de 268 años. ¡Alcanzar el desarrollo lleva mucho tiempo!

Incluso, si se pregunta por el tiempo requerido para llegar tan solo al 90 % de su estado estacionario, este es de 240 años.

Con los parámetros anteriores, si la economía ya estuviera bastante avanzada en el proceso de desarrollo, y su relación capital-trabajo inicial fuera de la mitad de la relación estacionaria, el tiempo necesario para acercarse al 95 % de su estado estacionario se reduce a 98 años.

El término $(1-\alpha) \cdot (n+\delta)$ es igual a la velocidad de convergencia. En el ejemplo anterior este es de 2,5 %. Esto significa que, en promedio, se tiende a cerrar anualmente el 2,5 % de la brecha.

El tiempo necesario para llegar exactamente al estado estacionario es infinito ya que, al acercarse al estado estacionario, el proceso se hace cada vez lento. Pero incluso acercarse al 95 % del estado estacionario lleva mucho tiempo.

Combinando las ecuaciones 4.25 y 4.26 se puede tener una fórmula del tiempo que tarda una economía para pasar de un nivel q_1 de PIB por trabajador a un nivel q_2:

$$t = \frac{1}{(1-\alpha) \cdot (n+\delta)} \left[\ln\left(s \cdot A - (n+\delta) \cdot \left(\frac{q_1}{A}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \right) - \ln\left(s \cdot A - (n+\delta) \cdot \left(\frac{q_2}{A}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \right) \right]$$

Desarrollo e intensidad de uso de capital

Si se considera una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas:

$$q = f(k) = A \cdot k^{\alpha}$$

El salario real de equilibrio es igual a la productividad marginal del trabajo:

$$w = f(k) - k \cdot f'(k) = A \cdot (1-\alpha) \cdot k^{\alpha} = (1-\alpha) \cdot q$$

La renta real del capital es igual a la productividad marginal del capital:

$$R = f'(k) = A \cdot \alpha \cdot k^{\alpha-1}$$

La relación salario-renta es la siguiente:

$$\frac{w}{R} = \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot k$$

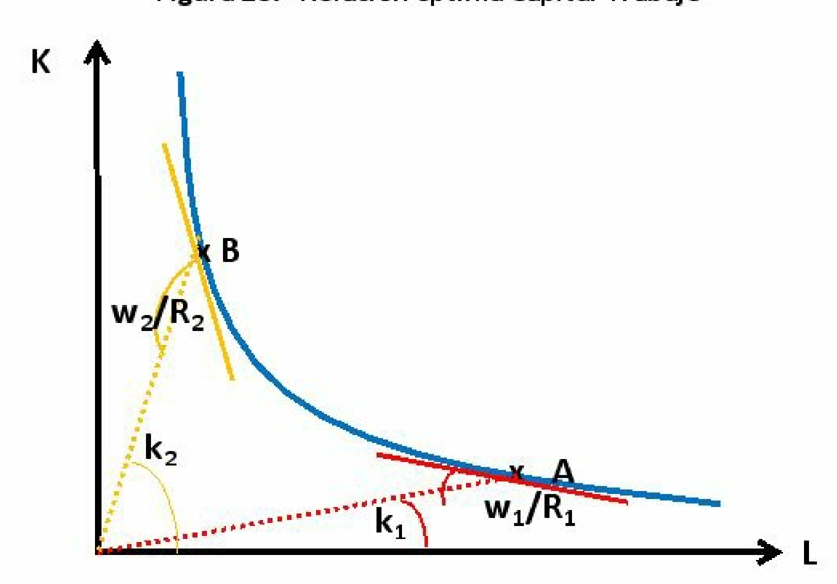
Esto indica que la relación salario-renta crece en forma directamente proporcional con la relación capital-trabajo.

Como las empresas minimizan su costo para lograr un nivel de producción dado, este costo mínimo se encuentra igualando la tasa marginal de sustitución a la relación salario-renta:

$$TMS = \frac{w}{R}$$

Gráficamente esto implica igualar la pendiente de la curva isocuanta a la relación salario-renta, como se muestra en la figura 28, para dos diferentes equilibrios. En el punto A, la economía tiene poca dotación de capital y mucho trabajo (dotación k_1). Esto conduce a una baja relación salario-renta (w_1/R_1). Las empresas encontrarán óptimo operar con técnicas intensivas en trabajo (punto A).

Figura 28. Relación óptima Capital-Trabajo



Cuando el desarrollo está bastante avanzado, la economía ha acumulado mucho capital, lo que hace que tenga una alta dotación capital-trabajo (k_2). Esto hace que la relación salario-renta sea alta (w_2/R_2). Las empresas encontrarán óptimo operar con técnicas intensivas en capital (punto B).

A medida que la economía se va desarrollando, desde el punto A al punto B, las empresas encontrarán cada vez más conveniente ir operando con técnicas que vayan reemplazando el

trabajo por el capital.

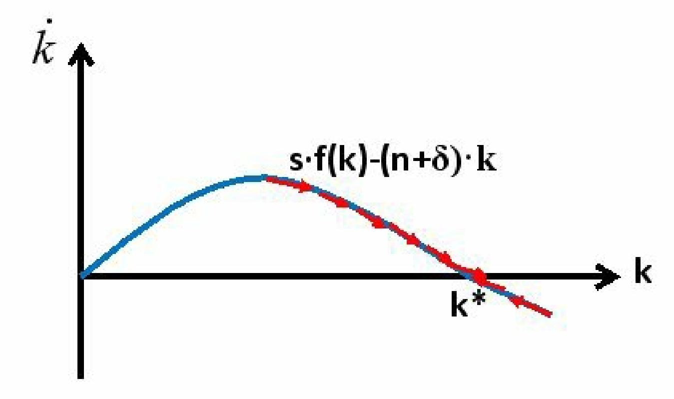
De este análisis surgen un par de conclusiones:

1) Dos países con distinto nivel de desarrollo tenderán a usar distintas técnicas productivas. A los países más desarrollados les convendrá utilizar técnicas más intensivas en capital (más automatizadas), y a los países menos desarrollados, técnicas más intensivas en trabajo.
2) No es buena idea para un empresario copiar directamente la técnica que están utilizando en un proceso productivo de una economía más desarrollada, ya que la combinación es más capital intensiva que lo óptimo. Si lo hace, operará con costos más altos, que el óptimo técnico-económico.
3) Si el empresario quiere adaptar un proceso productivo de un país más desarrollado a otro menos desarrollado, más que tratar de conocer la técnica específica (el punto sobre la isocuanta) debe tratar de conocer la tecnología en si (la curva isocuanta propiamente tal).
4) Cuando las autoridades fuerzan un alza salarial artificial en un país, obligan a las empresas a operar con una relación capital-trabajo mayor que la conveniente. Esto genera un exceso de demanda por capital y un exceso de oferta de trabajo. Se genera desempleo del factor trabajo, y la economía opera al interior de la curva de transformación.
5) En países en vías de desarrollo, las empresas deben estar evaluando constantemente respecto de la conveniencia de ir adoptando técnicas más automatizadas. En el largo plazo, deberán ir cambiando gradualmente las formas de producir hacia técnicas más intensivas en capital.

Ritmo de crecimiento en el PIB per cápita

La ecuación 4.24 permite obtener una ecuación para el cambio en la relación capital-trabajo

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - (n + \delta)$$



En la figura 29 se observa este diagrama de fase. Se observa, que el crecimiento de la relación capital-producto se acelera a medida que va subiendo la relación capital-trabajo, llega a un máximo y luego se desacelera, cuando se va acercando al estado estacionario.

Si se busca el punto donde se hace máximo el crecimiento de la relación capital-trabajo:

$$\frac{d\dot{k}}{dk} = 0 = s \cdot f'(k) - (n + \delta)$$

Se obtiene:

$$f'(k) = \frac{n + \delta}{s}$$

Esto se produce cuando la productividad marginal del capital es igual a (n+δ)/s.

Si se supone una función de producción de tipo Cobb-Douglas:

$$f'(k) = A \cdot \alpha \cdot k^{\alpha - 1} = \frac{n + \delta}{s}$$

Entonces, el punto máximo del crecimiento de la relación capital-trabajo se produce en:

$$k = \left(\frac{A \cdot \alpha \cdot s}{n + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Hasta antes de este punto, la economía se va acelerando, y pasada esta relación capital-trabajo, la economía se empieza a frenar

Impacto de un aumento en la tasa de ahorro

Generalmente, el proceso de “despegue” desde una economía agrícola hacia un nivel de crecimiento intensivo sostenido, se produce con un fuerte aumento en la tasa de ahorro. Al crecer la tasa de ahorro, cambia el estado estacionario, así como toda la trayectoria de crecimiento de la economía, como se ve en la figura 30. El nuevo estado estacionario es k**, mayor que el estado estacionario antiguo k*, lo cual hace que la economía “salte” a una nueva trayectoria de crecimiento, con mayor acumulación de capital.

Los efectos de corto plazo de este aumento en la tasa de ahorro, se ven en un aumento en la tasa de inversión y en el ritmo de crecimiento del PIB per cápita.

Los efectos de largo plazo, son los derivados de una mayor relación capital-producto en el estado estacionario. Se tiene un mayor PIB per cápita, salarios reales mayores, y una renta real del capital más baja.

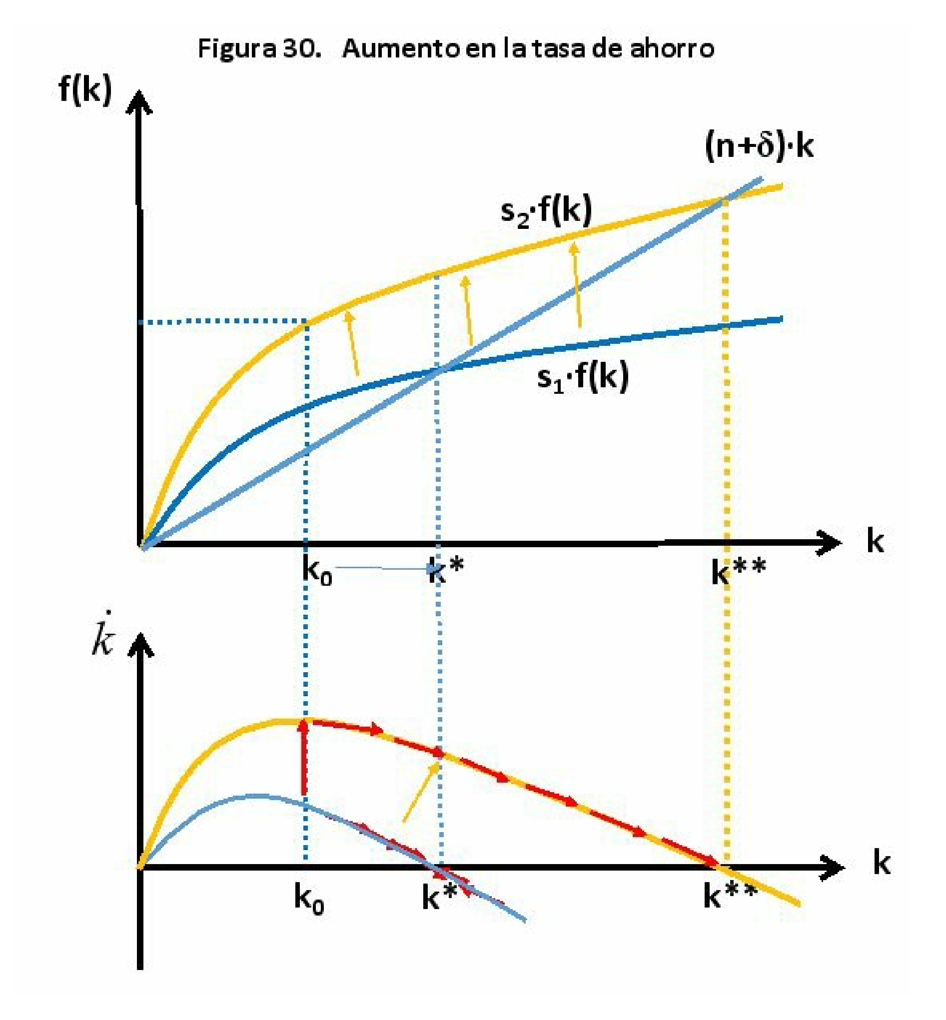
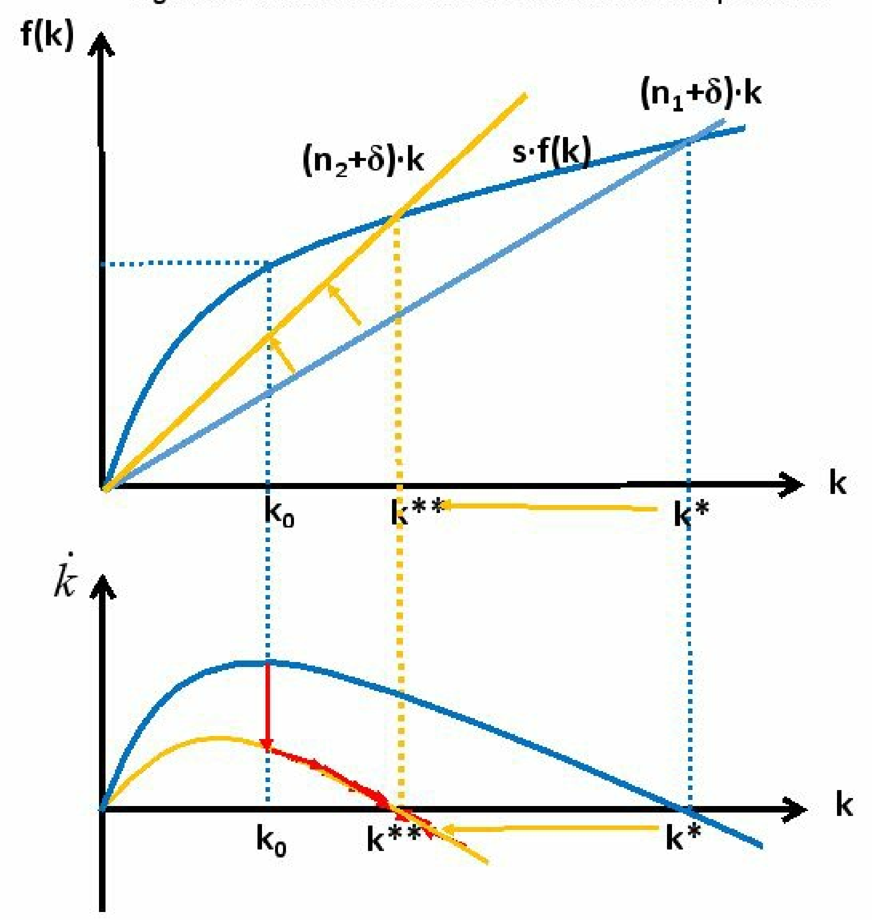


Figura 30. Aumento en la tasa de ahorro

Impacto de un aumento en el ritmo de crecimiento de la población

Si aumenta el ritmo de crecimiento de la población, el nuevo estado estacionario de la economía implica una menor relación capital-trabajo, como se ve en la figura 31.

Figura 31. Aumento en ritmo de crecimiento de la población



Al aumentar el ritmo de crecimiento de la población, se “salta” a una menor acumulación de la relación capital-producto, y que conduce a un estado estacionario de menor acumulación de capital.

Los efectos de corto plazo son una disminución en la inversión y un freno en el ritmo de crecimiento de la economía.

Los efectos de largo plazo, son los derivados de tener una menor relación capital-producto en el estado estacionario. El PIB per cápita es más bajo, los salarios reales son menores, y la renta real del capital es más alta.

Más factores que influyen en el ritmo de crecimiento

Utilizando la idea de que los países convergen a su estado estacionario, Robert Barro (1997) exploró el ritmo de crecimiento de 80 países entre el año 1965 y 1990. Explicó el ritmo de crecimiento promedio de cada país. En el cuadro 4 se presentan los resultados estadísticos del análisis.

Las principales conclusiones del estudio fueron las siguientes:

1) Un grupo limitado de variables permite explicar el 60 % de la varianza en el ritmo de crecimiento de este conjunto de países.
2) Convergencia: Hay fuerte evidencia de convergencia de los países hacia su propio estado estacionario (convergencia condicional). Convergencia es de 2,25 % anual con test t mayor que 7.
3) Educación: Los años promedio de educación media y superior para los hombres tienen fuerte impacto positivo sobre el crecimiento. Un año más de educación promedio acelera el crecimiento en un punto porcentual. También tiene un impacto positivo al acelerar el ritmo de convergencia hacia el estado estacionario.
4) Fertilidad: Un aumento en la tasa de fertilidad (rango de 0 a 2,5) reduce el ritmo de crecimiento. Un incremento de 10 % en la tasa de fertilidad, disminuye el ritmo de crecimiento de la economía en -0,13 puntos porcentuales.
5) Tamaño del gobierno: Un aumento en el tamaño del gobierno reduce la tasa de crecimiento. Un aumento de un punto porcentual del PIB en el consumo del gobierno, reduce el ritmo de crecimiento de la economía en -0,11 puntos porcentuales.
6) Imperio de la Ley: Usando el índice de Knack y Keefer (1995), que cubre la calidad de la burocracia, corrupción política, riesgo de expropiación, e imperio de la ley (rango de 0 a 1,25), se observa una correlación positiva con el ritmo de crecimiento. Un incremento de 0,1 en este índice, aumenta el ritmo de crecimiento del PIB per cápita en 0,21 puntos porcentuales.
7) Términos de intercambio: Los términos de intercambio tienen un fuerte impacto sobre el ritmo de crecimiento. Un 10 % de mejora en los términos de intercambio en el periodo, se asocia con una aceleración de 1,27 puntos porcentuales en el crecimiento.

Cuadro 4. Explicación del ritmo de crecimiento de los países
(entre 1965 y 1990)

Variable	Coeficiente	Dev Std	Test t
ln (PIB pc 1965)	-0,0225	0,0032	-7,03
Educación media y superior	0,0098	0,0025	3,92
Educación*ln(PIB pc)	-0,0052	0,0017	-3,06
ln(Expectativa de vida)	0,0418	0,0139	3,01
ln(tasa de fertilidad)	-0,0135	0,0053	-2,55
Consumo de Gobierno	-0,1150	0,0270	-4,26
Indice de Imperio de la Ley	0,0262	0,0055	4,76
Cambio en Términos de intercambio	0,1270	0,0300	4,23
Indice de Democracia	0,0940	0,0270	3,48
Indice de Democracia ^2	-0,0910	0,0240	-3,79
Tasa de Inflación	-0,0390	0,0080	-4,88
Dummy África Sub-sahariana	-0,0042	0,0043	-0,98
Dummy América Latina	-0,0054	0,0032	-1,69
Dummy Asia Oriental	0,0050	0,0041	1,22

$R^2 = 0,60$

Número de Observaciones: 80

Fuente: Robert Barro (1997)

8) Democracia: Se usó un índice de democracia elaborado por Gastil (1983), que va en un rango de 1 a 7. Esa escala se reconvirtió en una que va de 0 a 1. Se observa un impacto positivo de la democracia sobre el crecimiento. El impacto es máximo cuando el índice de democracia es igual a 0,55. Mayores niveles de democracia tienen un impacto de freno sobre el crecimiento.
9) Inflación: La inflación tiene un impacto negativo sobre el crecimiento. Un incremento de la inflación de 10 % adicionales anuales, reduce el ritmo de crecimiento en -0,39 puntos porcentuales de crecimiento.
10) Variables Dummies: Los países del África Sub-sahariana tienden a crecer -0,42 puntos porcentuales menos que el resto de los países del mundo, por razones idiosincráticas. Los países de América Latina también tienden a crecer -0,52 puntos porcentuales menos que el resto. En contraste con lo anterior, los países del Asia Oriental tienden a crecer 0,50 puntos porcentuales más.

Ejercicio de Modelo de Solow

"Considere una economía con una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas con parámetro α = 0,5 y A = 1. La tasa de ahorro es de 20 % del PIB, y la población está creciendo al 2 % anual. La tasa de depreciación es δ = 3 %. i) Escriba la ecuación diferencial del crecimiento para esta economía ii) Encuentre la relación capital-trabajo donde es máxima la inversión neta iii) Encuentre el PIB por trabajador y la relación capital-trabajo del estado estacionario iv) ¿Cuál es la relación capital-producto en el estado estacionario? v) Calcule el salario real y la renta real del capital para el estado estacionario vi) Calcule la distribución del ingreso en el estado estacionario".

Respuesta:

Los parámetros clave son los siguientes:

A = 1, α = 0,5, s = 0,2, n =0,02, δ = 0,03

La función de producción es de tipo Cobb-Douglas

$$Q = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{1-\alpha}$$

$$q = A \cdot k^{\alpha}$$

La ecuación diferencial del crecimiento es:

$$\dot{k} = s \cdot A \cdot k^{\alpha} - (n + \delta) \cdot k$$

El punto donde la inversión neta es máxima esta en:

$$\frac{d\dot{k}}{dk} = 0 = s \cdot A \cdot \alpha \cdot k^{\alpha-1} - (n + \delta)$$

$$k = \left(\frac{s \cdot A \cdot \alpha}{n + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

$$k = 4$$

El estado estacionario se obtiene de:

$$\dot{k} = s \cdot A \cdot k^{\alpha} - (n + \delta) \cdot k = 0$$

$$k^* = \left(\frac{s \cdot A}{n + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

$$k^* = 16$$

$$q^* = A \cdot k^{*\alpha}$$

$$q^* = 4$$

La relación capital-producto en el estado estacionario es:

$$v^* = \frac{K}{Q} = \frac{k^*}{q^*}$$

$$v^* = 4$$

El salario real del trabajador en el estado estacionario es:

$$w^* = f(k^*) - k^* \cdot f'(k^*) = (1 - \alpha) \cdot q^*$$

$$w^* = 2$$

La renta real del capital en el estado estacionario es:

$$R^* = f'(k^*) = A \cdot \alpha \cdot k^{*(\alpha - 1)}$$

$$R^* = 0{,}05 = 5\%$$

La distribución funcional del ingreso es:

$$\theta_L = \left(\frac{w \cdot L}{Q} \right) = \left(\frac{w^*}{q^*} \right) = 1 - \theta_K$$

$$\theta_L^* = 0{,}5$$

$$\theta_K^* = 0{,}5$$

4.4 Modelo de Romer: AK

El modelo del premio Nobel, Paul Romer (1983) fue el primer modelo de crecimiento endógeno. En este modelo no existe un estado estacionario, y la economía crece en forma ilimitada. El modelo más simple propuesto por él es de la forma AK.

Este modelo está construido sobre los tres siguientes supuestos:

1) La función de producción de la economía es del tipo

$$Q = A \cdot K \qquad \text{(Ecuación 4.28)}$$

2) La población y la fuerza de trabajo crecen a un ritmo constante igual a n. Si se supone una condición de pleno empleo, ello hace que el empleo también tenga que crecer a ese mismo ritmo n.

$$\hat{L} = \frac{\dot{L}}{L} = n$$ Mismo supuesto de Harrod-Domar

3) La tasa de ahorro es constante e igual a s. Si S es el ahorro total y Q es el producto, entonces:

$$S = s \cdot Q$$ Mismo supuesto de Harrod-Domar

Estas tres ecuaciones definen el modelo de crecimiento de Romer.

Una forma simple de obtener la ecuación parecida a la 4.28 sugerida por Jones (1998) y por Lucas es suponiendo que el capital humano es un sustituto perfecto del trabajo físico, e introduciéndolo en la función de producción Cobb-Douglas.

$$Q = A \cdot (K)^{\alpha} \cdot (hL)^{1-\alpha}$$

En que h = Stock de capital humano por trabajador.

$H = h \cdot L$ es el Stock de capital humano agregado:

$$Q = A \cdot (K)^{\alpha} \cdot (H)^{1-\alpha}$$

Se tienen dos activos: capital físico y capital humano. La estrategia óptima de inversión es dividir el ahorro, s·Q, en capital físico y capital humano hasta que se igualen las rentabilidades:

La rentabilidad de invertir en capital físico surge de:

$$R = r + \delta = \frac{\partial Q}{\partial K} = A \cdot \alpha \cdot (K)^{\alpha-1} \cdot (H)^{1-\alpha} = \alpha \cdot \frac{Q}{K}$$

La rentabilidad de invertir en capital humano es:

$$r_H + \delta_H = \frac{\partial Q}{\partial H} = A \cdot (1-\alpha) \cdot (K)^{\alpha} \cdot (H)^{-\alpha} = (1-\alpha) \cdot \frac{Q}{H}$$

Igualando rentabilidades:

$$r = r_H = \alpha \cdot \frac{Q}{K} - \delta = (1-\alpha) \cdot \frac{Q}{H} - \delta_H$$

Esto da una relación entre la acumulación de capital físico y capital humano. Suponiendo las mismas tasas de depreciación, la relación se simplifica a:

$$H = \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot K$$

Introduciendo esta última relación en la función de producción se obtiene finalmente:

$$Q = A \cdot (K)^{\alpha} \cdot (H)^{1-\alpha} = A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha} \cdot K$$

Con este supuesto de perfecta sustitución del capital humano y el trabajo físico, se logra romper la ley de las productividades marginales decrecientes para los factores, con lo que se mantiene constante la productividad marginal del capital, definida en un sentido amplio, que abarque tanto el capital físico como el capital humano.

La productividad media por trabajador queda en:

$$q = f(k) = \frac{Q}{L} = A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha} \cdot k$$ (Ecuación 4.29)

La ecuación diferencial del crecimiento queda como:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - (n+\delta) \cdot k = s \cdot A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha} \cdot k - (n+\delta) \cdot k$$

$$\hat{k} = s \cdot A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha} - (n+\delta)$$ (Ecuación 4.30)

El modelo de Romer predice en la ecuación 4.30 un ritmo de crecimiento constante en la relación capital-trabajo, que no disminuye en tanto no cambien los parámetros. No tiene estado estacionario.

Como el PIB per cápita es igual a:

$$y = \left(\frac{L}{N}\right) \cdot q$$

En la medida que no cambie la tasa de empleo de la población, se tiene:

$$\hat{y} = \hat{q}$$

Tomando logaritmo de la ecuación 4.29 y derivando con respecto al tiempo:

$$\hat{q} = \hat{k}$$

Combinando estas últimas dos relaciones con la ecuación 4.30, se obtiene:

$$\hat{y} = s \cdot A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha} - (n+\delta) = cte$$ (Ecuación 4.31)

La ecuación 4.31 es la predicción fundamental del modelo de Romer. Predice una tasa de crecimiento constante, mientras no cambien los parámetros fundamentales. Y quizás, más importante que nada, predice que no hay convergencia hacia un estado estacionario.

En este sentido, este modelo está en marcado contraste con el modelo de Solow.

Otras predicciones del modelo son:

- Como $H = \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot K$ $\hat{H} = \hat{K}$
- $H = h \cdot L$ $\hat{H} = \hat{h} + n$

$$k = K / L \quad \hat{k} = \hat{K} - n$$

De donde se obtiene:

$$\hat{Q} = \hat{K} = \hat{H} = \hat{y} + n = \hat{k} + n = \hat{h} + n$$ (Ecuación 4.32)

La productividad marginal del capital permanece constante:

$$R = r + \delta = \frac{\partial Q}{\partial K} = \alpha \cdot \frac{Q}{K} = \alpha \cdot A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha}$$

Los pagos reales al capital humano están arbitrados con los pagos al capital físico:

$$w_H = r_H + \delta = \alpha \cdot A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha}$$

Pero todos estos pagos se realizan al trabajo físico:

$$w \cdot L = w_H \cdot H$$

$$w = w_H \cdot h$$

Esto hace que los salarios reales crezcan al mismo ritmo que el ingreso per cápita, en forma indefinida:

$$\hat{w} = \hat{h} = \hat{y}$$

Otros modelos de crecimiento endógeno

La posibilidad de tener un crecimiento ilimitado sin estado estacionario, produjo gran entusiasmo entre los economistas, quienes desarrollaron otros mecanismos ingeniosos, mediante los cuales se podía lograr esta situación. Ehanan y Helpman (1993) propusieron un modelo para romper el estado estacionario, mediante la aparición de nuevas variedades de bienes (capítulo 3 de su libro) o bien aumentando la calidad de éstos (capítulo 4). Paul Romer mismo desarrolló otro modelo en el cual el progreso técnico surgía de actividades deliberadas para lograrlo, con inversión en investigación y desarrollo. También se propusieron modelos en que la acumulación de conocimiento producía externalidades positivas, que rompían los retornos constantes a escala del modelo de Solow.

Lo crítico era generar algún mecanismo, que condujera a tener una ecuación diferencial de crecimiento lineal. Con ello, se tenía un modelo sin estado estacionario

Test de Convergencia

Para ver si el modelo de Romer o el modelo de Solow es más apropiado para explicar el crecimiento de los países, la predicción clave de verificar es si los países convergen o no a un estado estacionario.

Un modelo de crecimiento endógeno no tiene convergencia a un estado estacionario. Los test de convergencia utilizados tienen la forma de:

$$\hat{y}_t = a_0 - \gamma \cdot \ln(y_{t-1}) + \phi \cdot X_{t-1}$$ (Ecuación 4.33)

En que el parámetro γ indica la velocidad de convergencia al estado estacionario, y X es un vector de variables que pueden influenciar el estado estacionario. Para que exista convergencia se debe tener un coeficiente γ distinto de cero, y que sea estadísticamente significativo.

Para realizar su test de convergencia, Paul Romer (1985) supuso que todos los países convergen al mismo estado estacionario. Esto se conoce en la literatura como "convergencia absoluta". El test que realizó Romer fue el siguiente:

$$\hat{y}_t = a_0 - \gamma \cdot \ln(y_{t-1})$$

El resultado fue un coeficiente γ, estadísticamente indistinguible de cero para Inglaterra, Alemania, Suecia, Australia, Japón y Canadá. Era marginalmente significativo para Estados y Dinamarca (se aceptaba con significación de 5 % pero rechazaba con 1 %), y solo era estadísticamente significativo y distinto de cero en los casos de Francia, Italia y Noruega.

Romer encontró que se aceptaba que γ = 0 en la mayoría de los casos, lo que tomó como evidencia que no existía un estado estacionario. Él lo interpretó como una evidencia empírica, que apoyaba a los modelos de crecimiento endógeno, y un rechazo al modelo de Solow. Este resultado estimuló una enorme cantidad de propuestas de modelos de crecimiento endógeno.

El problema de este test es que, desde un punto de vista econométrico, está sesgado, ya que incurre en el error de excluir variables relevantes.

Cuadro 5. Test de Convergencia Condicional de Mankiw, Romer y Weil

(Variable explicada: ritmo de crecimiento del PIB per cápita)

Variable	Países más pobres		Países intermedios		Países OCDE	
	Coeficiente	Test t	Dev Std	Test t	Dev Std	Test t
Constante	3,040	3,66	3,690	4,05	2,810	2,36
ln(PIB pc 1960)	-0,289	-4,66	-0,366	-5,46	-0,398	-5,68
ln(s)	0,524	6,02	0,538	5,27	0,335	1,93
ln(n+δ+g)	-0,505	-1,75	-0,551	-1,91	-0,844	-2,52
ln(school)	0,233	3,88	0,271	3,34	0,223	1,55
R^2 =	0,46		0,43		0,65	
N° observaciones	98		75		22	
Periodo estimado	1960-1985		1960-1985		1960-1985	

Fuente: Mankiw, Romer y Weil (1990)

El resultado de Paul Romer (1985) fue criticado por Gregory Mankiw, David Romer y David Weil (1990). Ellos enfatizaron que el modelo de Solow predecía diferentes estados estacionarios para cada país. Por lo tanto, era preciso introducir las variables que influenciaban el estado estacionario en forma explícita. Este test se llamó de convergencia condicional para distinguirlo de la convergencia absoluta de Romer.

En el cuadro 5 se presentan los resultados del test de convergencia condicional de Mankiw, Romer y Weil (1990). Se hicieron test separados para las economías más pobres, los países de ingreso intermedio, y los países miembros de la OCDE.

Se observa que el coeficiente del PIB per cápita inicial aparece en todas las regresiones con un coeficiente estadísticamente significativo. Esto es indicativo que la muestra de 195 países investigados, presenta clara evidencia de la existencia de un estado estacionario, y de la convergencia de esos países hacia su propio estado estacionario.

El estado estacionario hacia el cual convergen los países está completamente en línea con las variables sugeridas por el modelo de Solow, al que si habría que agregar variables relativas al capital humano.

Los modelos de crecimiento endógeno no son consistentes con la evidencia empírica.

Ejercicio de Modelo de Romer

“Una economía con función de producción Cobb-Douglas en que el capital humano es un sustituto perfecto del trabajo, posee una tasa de ahorro de 10 %, un ritmo de crecimiento de la población de 2 %. La tasa de depreciación del capital físico es igual a la tasa de depreciación del capital humano e igual a 3 %. El parámetro A es igual a uno y α es igual a 0,5. i) encuentre el estado estacionario ii) ¿cuál es la relación de equilibrio entre el stock de capital físico y el stock de capital humano? iii) ¿cuál es el ritmo de crecimiento del PIB per cápita? iv) ¿cuál es la renta real del capital? v) ¿A qué ritmo crecen los salarios reales?”.

Respuesta:

Los parámetros clave son:

$A = 1 \quad \alpha = 0{,}5 \quad s = 0{,}10 \quad n = 0{,}02 \quad \delta = 0{,}03$

Como hay perfecta sustitución entre trabajo físico y capital humano, se tiene un modelo de crecimiento endógeno. Su productividad media del trabajo es:

$$q = f(k) = \frac{Q}{L} = A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha} \cdot k$$

Como es un modelo de crecimiento endógeno, no hay estado estacionario.

De igualar la rentabilidad de la inversión en capital físico y la rentabilidad de la inversión en capital humano se tiene:

$$H = \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot K$$ y reemplazando α = 0,5 se tiene $H = K$

El ritmo de crecimiento del PIB per cápita es igual al ritmo de crecimiento de la razón capital-trabajo:

$$\hat{y} = \hat{k} = s \cdot A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha} - (n+\delta)$$

$$\hat{y} = 0{,}05 = 5\%$$

La renta real del capital es igual a su productividad marginal

$$R = \frac{\partial Q}{\partial K} = \alpha \cdot A \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)^{1-\alpha}$$

$$R = 0{,}5 = 50\%$$

Los salarios reales crecen al mismo ritmo que el PIB per cápita:

$$\hat{w} = \hat{y} = 5\%$$

4.5 Crecimiento Económico óptimo

Dado que la política económica maneja variables (tributarias y de subsidios entre otras) que podrían afectar la tasa de ahorro de la economía, y esta tasa de ahorro a su vez afecta la trayectoria de crecimiento de la economía, cabe preguntarse si existe una política económica que lleve a la economía hacia su trayectoria óptima de crecimiento.

Regla de Oro de Phelps

El primer gran aporte en esta dirección fue hecho por el premio Nobel de Economía, Edmund Phelps (1961). Su aporte fue que, la política óptima debía ser maximizar el consumo per cápita en el estado estacionario. Esta propuesta fue bautizada como la "regla de oro".

Si se parte de una economía en estado estacionario, su PIB per cápita puede dividirse en consumo e inversión:

$$y = f(k) = c + (n + \delta) \cdot k + \dot{k}$$

Como se está en estado estacionario, $\dot{k} = 0$

En consecuencia, la política óptima es dirigirse hacia el k** que maximice c.

$$MaxC = f(k) - (n + \delta) \cdot k$$

$$\frac{dC}{dk} = 0 = f'(k) - (n + \delta)$$

$f'(k^{**}) = n + \delta$ Regla de Oro de Phelps (Ecuación 4.34)

La regla de oro de Phelps establece que, en el óptimo, la productividad marginal del capital debe ser igual a la suma de la tasa de crecimiento de la población más la tasa de depreciación.

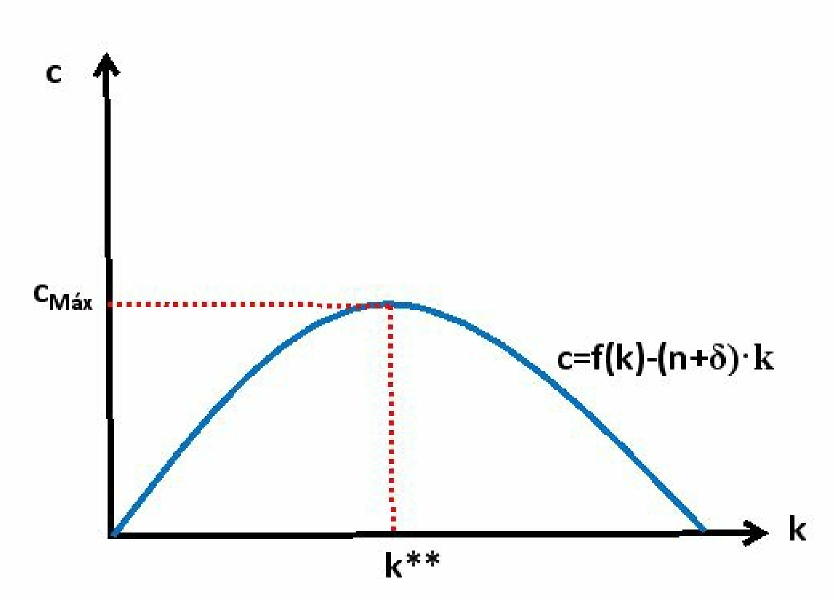
La lógica de esta proposición es bastante clara. Juzgando el bienestar de la sociedad, por el bienestar de sus habitantes, y siendo la utilidad de las personas, una función creciente del nivel del consumo per cápita, el máximo nivel de bienestar de los habitantes que viven en el estado estacionario, se logra haciendo máximo su consumo per cápita.

La prescripción de política es clara. Los gobiernos debían hacer sus máximos esfuerzos para lograr llegar a k** en el estado estacionario.

Incluso más. Se puede considerar que una economía cuya relación capital-trabajo es mayor que k** es dinámicamente ineficiente. Si el estado estacionario de esta economía está a la derecha de la Regla de Oro, entonces se puede aumentar el bienestar de todos los habitantes simplemente "comiéndose" la diferencia (k – k**). Estos recursos que se "comen" permiten aumentar el bienestar de algunos o todos los habitantes, sin perjudicar a nadie (óptimo de Pareto). El resultado final es hacer retroceder la relación capital-trabajo a k**. Con k**, el

consumo per cápita es más alto que el que se tenía anteriormente, lo que nuevamente beneficia a todos.

En la figura 32 se ve gráficamente esta situación:



Como la productividad marginal del capital es decreciente, y no es óptimo nunca estar al lado derecho de la Regla de Oro, se desprende que la tasa de interés real de una economía tiene una cota inferior, dada por el ritmo de crecimiento de la población.

$k \leq k^*$ Para estar a la izquierda de la Regla de Oro

$$R = r + \delta = f'(k) \geq f'(k^{**}) = n + \delta$$

$r \geq n$ Cota inferior para tasa de interés real

La tasa de ahorro que es necesario tener para que la economía vaya a este estado estacionario es bastante alta:

Suponiendo mercados competitivos de factores, se tiene:

$$R = f'(k^{**}) = n + \delta$$

Por otro lado, como se está en un estado estacionario, también se cumple que:

$$R \cdot K = (n + \delta) \cdot K = S$$

Por lo que:

$$\left(\frac{R \cdot K}{Q}\right) = \left(\frac{S}{Q}\right) = s$$

Es decir:

$$s = \theta_K \qquad \text{(Ecuación 4.35)}$$

La tasa de ahorro que conduce a la economía en el largo plazo hacia la Regla de Oro de Phelps es igual a la participación del capital en dicho estado estacionario.

Una forma de lograr esto, pero no es una condición necesaria, sería ahorrando en términos

agregados todos los pagos al capital, y gastando todos los pagos al trabajo.

La crítica más importante que se hizo a este planteamiento, es que solo se está considerando el bienestar de los individuos que viven en el estado estacionario (“los biznietos”), y no se toma en cuenta el bienestar de los individuos que tienen que ahorrar, invertir, y sacrificarse para llevar la economía a dicho estado.

Otra observación que se hizo respecto de la velocidad óptima para realizar este proceso. ¿Es lo mismo llegar a la regla de Oro en 50 años que en 200 años? Claramente en el primer caso el sacrificio que se pide a las generaciones presentes es diferente.

Una última observación, respecto a la velocidad del proceso. ¿Qué pasa con las preferencias de las personas? Si un país tiene personas más conservadoras, ¿la trayectoria óptima es la misma que si la gente es más arriesgada? Que pasa con personas más corto-placistas o con visiones de más largo plazo: ¿se les recomienda la misma trayectoria?

Por último, ¿es óptimo llegar a la Regla de Oro, sin importar las preferencias de la gente?

Para responder estas preguntas es necesario evaluar explícitamente el bienestar intertemporal de las familias: U(c1, c2, c3, …..cT).

Ello requiere del uso del control óptimo o bien del cálculo de variaciones. Siendo más sencillo este último método, es el que se utiliza en este texto. En el Anexo 1 se explica en forma resumida el cálculo de variaciones.

Trayectoria óptima de crecimiento

El problema es encontrar la trayectoria óptima de crecimiento, que maximiza el bienestar del individuo representativo. Se supone una función de utilidad intertemporal aditivamente separable entre periodos, y que tiene una tasa de preferencia intertemporal (ρ) constante.

Matemáticamente el problema es:

$$Max V = \int_0^\infty u(c) \cdot e^{-\rho \cdot t} dt$$

Sujeto a:

$$f(k) = c + n \cdot k + \dot{k} + \delta \cdot k$$

$$k(0) = k_0$$

En que u(c) es la utilidad instantánea en cada periodo.

Despejando c, de la restricción y reemplazándola en la función objetivo se tiene:

$$Max V = \int_0^\infty u\left[f(k) - n \cdot k - \delta \cdot k - \dot{k}\right] e^{-\rho t} dt$$

Sujeto a:

$$k(0) = k_0$$

Este problema tiene la forma del cálculo de variaciones, por lo que se puede aplicar la ecuación de Euler para resolverlo:

$$Max V = \int_0^\infty I(k, \dot{k}, t) dt$$

Sujeto a:

$$k(0) = k_0$$

La Ecuación de Euler es:

$$\frac{\partial I}{\partial k} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right)$$ (Ecuación 4.36)

Haciendo:

$$I(k,\dot{k},t) = u\left[f(k) - n \cdot k - \delta \cdot k - \dot{k}\right] \cdot e^{-\rho \cdot t}$$

Se tiene:

$$\frac{\partial I}{\partial k} = u'_C \cdot \left[f'(k) - n - \delta\right] \cdot e^{-\rho t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{k}} = -u'_c \cdot e^{-\rho \cdot t}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right) = \rho \cdot u'_c \cdot e^{-\rho \cdot t} - u''_{cc} \cdot \dot{c} \cdot e^{-\rho \cdot t}$$

Igualando los términos correspondientes y despejando, se obtiene:

$$\dot{c} = -\frac{u'_c}{u''_{cc}} \cdot \left[f'(k) - n - \rho - \delta\right]$$ Trayectoria óptima del consumo

Definiendo el inverso del coeficiente de Arrow-Pratt de aversión relativa al riesgo:

$$\sigma = -\frac{u'_c}{c \cdot u''_{cc}}$$ y reemplazando esto en la ecuación anterior, se obtiene finalmente:

$$\dot{c} = \sigma \cdot c \cdot \left[f'(k) - n - \rho - \delta\right]$$ (Ecuación 4.37)

$$\dot{k} = f(k) - c - (n + \delta) \cdot k$$

Esta ecuación junto con la restricción de recursos, forman un sistema de dos ecuaciones diferenciales con dos incógnitas (c, k) que determinan la trayectoria óptima de crecimiento.

La solución óptima tiene la forma:

c = c(t)

k = k(t)

Esta trayectoria óptima converge a un estado estacionario, que se puede obtener haciendo:

$$\dot{k} = \dot{c} = 0$$

De la primera ecuación se obtiene:

$$f'(k) = n + \delta + \rho$$ Regla de Oro Modificada

De la segunda ecuación se obtiene:

$$c = f(k) - (n + \delta) \cdot k$$ Restricción de Recursos en estado estacionario

Derivando esta última ecuación con respecto a k:

$$\frac{dc}{dk} = f'(k) - n - \delta$$

Y reemplazando la condición de la Regla de Oro Modificada:

$$\frac{dc}{dk} = \rho$$

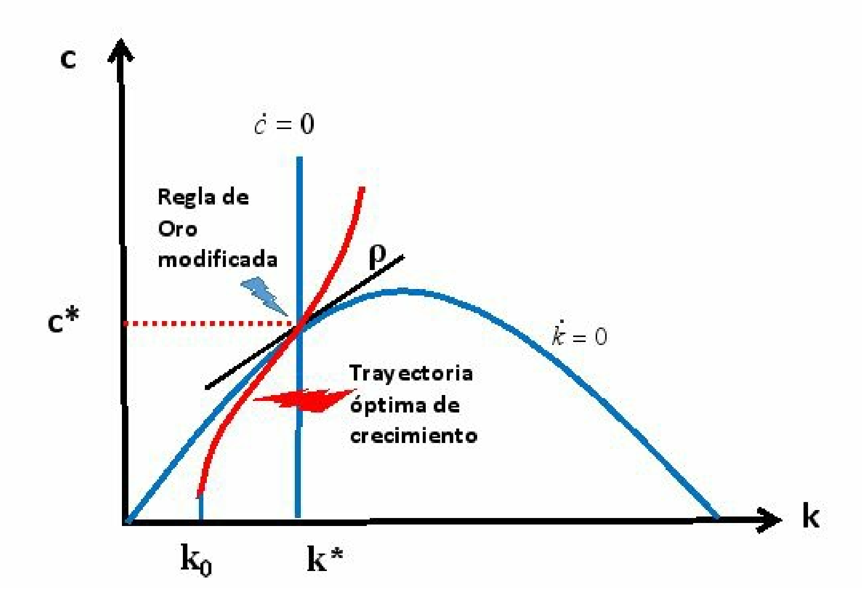
Regla de Oro Modificada

El estado estacionario al que converge la trayectoria óptima, no es la Regla de Oro de Phelps, sino a un punto diferente, que recibe el nombre de Regla de Oro modificada.

Tanto la trayectoria óptima, como el punto final dependen de las preferencias de sus habitantes. Si las personas son más impacientes por el consumo presente, sus preferencias reflejan una tasa ρ más alta. Son más cortoplacistas, ya que descuentan el futuro con una tasa más alta. El estado estacionario óptimo para ellos, es con una relación capital-trabajo más baja.

Por el contrario, si sus habitantes son más pacientes, tienen una tasa de preferencia intertemporal, ρ, más baja. Estas personas miran a más largo plazo, ya que descuentan el futuro con una tasa más baja. El estado estacionario óptimo para ellos, es con una relación capital-trabajo más alta.

En la figura 33 se observa la forma de la trayectoria óptima de crecimiento:



Respecto a la velocidad del proceso, el parámetro σ marca la trayectoria óptima, de acuerdo a la ecuación 4.37

$$\hat{c} = \sigma \cdot [f'(k) - n - \rho - \delta]$$

El ritmo de crecimiento del consumo óptimo es proporcional a la diferencia entre f’(k) y n+δ +ρ. A medida que la economía se acerca a la Regla de Oro Modificada, el ritmo de crecimiento del consumo va disminuyendo, y al llegar al estado estacionario, el consumo per cápita permanece constante. En otras palabras, el consumo per cápita óptimo crece a tasas decrecientes hasta estabilizarse en el estado estacionario.

La velocidad óptima está marcada por el parámetro σ. Mientras más alto es σ, mayor es el ritmo de crecimiento óptimo del consumo per cápita. Esto refleja una tasa de ahorro más alta al principio y por lo tanto un ritmo de crecimiento de la economía más acelerado. Llega más rápido al estado estacionario. Como el parámetro σ es el inverso del coeficiente de aversión relativa al riesgo, un σ más alto refleja aversión relativa al riesgo más baja. Esto implica que la curvatura de

la función de utilidad es menor.

Por el contrario, personas con mayor grado de aversión relativa al riesgo, reflejarán un menor σ. Ello hará que el ritmo de crecimiento del consumo per cápita sea menor. Como el consumo per cápita final es el mismo, esto se logra con un consumo inicial más alto y una tasa de ahorro inicial más baja. Ello hará que la acumulación de capital proceda de modo más lento que el caso anterior. Será óptimo que se demoren más en llegar al estado estacionario.

Los parámetros clave de las preferencias que afectan la trayectoria óptima de crecimiento son dos: la tasa de preferencia intertemporal, ρ, que afecta tanto la trayectoria como el destino final; y el coeficiente σ, que solo afecta la trayectoria, pero no el destino final.

Esta trayectoria de crecimiento óptima se obtendría si un planificador central benevolente, contara con toda la información relevante, y lograra influir en la trayectoria de ahorro de la economía.

¡Qué ocurre si no existe ese planificador? ¿Son capaces las fuerzas del mercado, actuando por su cuenta, de llevar a la economía en forma automática a su trayectoria óptima?

Equilibrio descentralizado y Trayectoria óptima

En primer lugar, si las empresas maximizan utilidades, entonces igualan la productividad marginal del capital a su renta real:

$$PMa_K = f'(k) = R = r + \delta$$

En segundo lugar, si las familias maximizan su utilidad intertemporal, entonces se comportan como si resolvieran el siguiente problema:

$$Max V = \int_0^T u(c) e^{-\rho \cdot t} dt$$

Sujeto a:

$$w + r_F \cdot a = c + n \cdot a + \dot{a}$$

$$a(0) = a_0$$

En que el parámetro a representa la tenencia de activos por trabajador. Estos activos generan un rendimiento de r_F, que en principio podría ser diferente de la tasa r relevante para las empresas.

Despejando c de la restricción de recursos y reemplazándola en la función objetivo, se tiene este problema en la forma requerida por el cálculo de variaciones:

$$Max V = \int_0^T u[w + r_F \cdot a - na - \dot{a}] \cdot e^{-\rho t} dt$$

Sujeto a:

$$a(0) = a_0$$

La solución de este problema surge de la ecuación de Euler:

$$\frac{\partial I}{\partial a} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{a}}\right)$$

Donde $I = u[w + r_F \cdot a - n \cdot a - \dot{a}] \cdot e^{-\rho \cdot t}$

$$\frac{\partial I}{\partial a} = u'_c \cdot (r_F - n) \cdot e^{-\rho \cdot t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{a}} = -u'_c \cdot e^{-\rho \cdot t}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{a}}\right) = \rho \cdot u'_c \cdot e^{-\rho \cdot t} - u''_{cc} \cdot \dot{c} \cdot e^{-\rho \cdot t}$$

Igualando los dos términos correspondientes se obtiene

$$\hat{c} = \sigma \cdot [r_F - n - \rho]$$

Para que se logre la trayectoria de crecimiento óptima en forma descentralizada tienen que ocurrir dos cosas:

1) Las familias deben maximizar su función de utilidad intertemporal, como si vivieran hasta el infinito ($T = \infty$).
2) La tasa de interés real que enfrentan las familias debe ser igual a la tasa de interés real que enfrentan las empresas ($r_F = r$).

Si se cumple la primera condición, el horizonte de planificación óptimo y el de las familias es el mismo.

Si se cumple la segunda condición: $r_F = r$

$f'(k) = r + \delta$ $\qquad$ $r_F = f'(k) - \delta$

Reemplazando este último término en la ecuación anterior, se obtiene:

$$\hat{c} = \sigma \cdot [f'(k) - n - \rho - \delta]$$

Esta última ecuación es idéntica a la 4.37, que es la condición para la trayectoria de crecimiento óptima.

Una condición suficiente para que se cumpla la primera condición es que las familias tengan preferencias altruistas hacia sus hijos (Estas preferencias altruistas es la razón económica de que las familias dejen herencias positivas). En efecto, si la utilidad de los hijos, aparece como argumento de las preferencias de los padres, y la utilidad de los nietos, aparecen dentro de las preferencias de los hijos, se establece una cadena de preferencias intergeneracionales, que llega hasta el infinito. Por ello, la existencia de altruismo intergeneracional de los padres hacia sus hijos, estira el horizonte de planificación de las familias hasta el infinito.

La segunda condición requiere de la existencia de un mercado de capitales perfecto. En la medida que el mercado de capitales no sea perfecto, las familias recibirán un interés por sus depósitos, r_F, (Tasa de captación o tasa pasiva) que será sistemáticamente inferior a la tasa de interés que le prestan a las empresas, r, (Tasa de colocación o tasa activa). La diferencia es el spread financiero, como se observa en la figura 34.

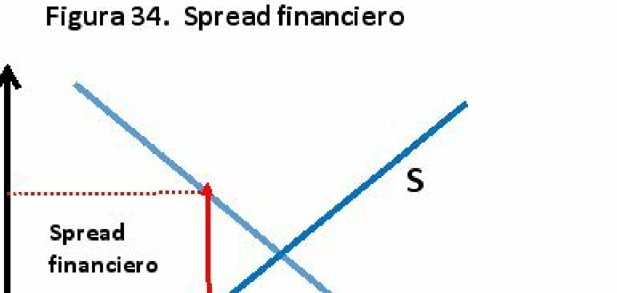


Figura 34. Spread financiero

Mientras más eficiente y competitivo sea el mercado de capitales, menor será el spread financiero, y más se acercará la trayectoria de crecimiento de la economía a su trayectoria óptima.

En esto se puede recurrir al “teorema de proximidad”. Este teorema indica que, si las curvas son bien comportadas, y no hay “saltos”, entonces pequeñas desviaciones en los parámetros generarán pequeñas desviaciones en la trayectoria de crecimiento.

En este sentido, la existencia de altruismo generacional, y perfección en el mercado de capitales, son las condiciones necesarias para lograr un óptimo dinámico, comparable al óptimo de Pareto, para la condición estática.

Si en un país no existiera altruismo intergeneracional y/o el mercado de capitales fuera muy imperfecto, entonces la trayectoria de crecimiento de la economía, se alejaría bastante de la trayectoria óptima. Como se observa en la figura 34, esto generaría un ahorro y una inversión sub-óptimos. La inversión sería menor a la “socialmente óptima”. En dicho caso, se podría generar un rol para que el Estado corrija esta situación. Ello se podría lograr con políticas de “ahorro forzoso” (como se hace en los esquemas previsionales) o bien generando un “ahorro público” positivo, que compense dicho déficit de ahorro privado.

4.6 El Modelo de Ramsey

Este modelo se basa en los trabajos de David Cass (1965) y Tjalling Koopmans (1965), por lo que se conoce también como el Modelo de Ramsey-Cass-Koopmans. Fue bautizado en honor a Frank Ramsey, que fue el primer economista que planteó el problema matemático del ahorro óptimo intergeneracional. Este modelo supone que el ahorro de las personas surge de la maximización de la función de utilidad intertemporal.

Este modelo está construido sobre los tres siguientes supuestos:

1) La función de producción de la economía es de tipo neoclásica sujeta a retornos constantes a escala, es decir admite algún grado de sustitución entre capital y trabajo. Si Q es el PIB, L es el empleo, y K es el stock de capital, entonces:

$$Q = F(K, L)$$

Mismo supuesto de Solow

en que las productividades marginales de los factores son positivas y decrecientes.

$F'_K > 0$ $F'_L > 0$ $F''_{KK} < 0$ $F''_{LL} < 0$

2) La población y la fuerza de trabajo crecen a un ritmo constante igual a n. Si se supone una condición de pleno empleo, ello hace que el empleo también tenga que crecer a ese mismo ritmo n.

$$\hat{L} = \frac{\dot{L}}{L} = n$$

Mismo supuesto de Harrod-Domar

3) La tasa de ahorro surge la maximización de una función de bienestar intertemporal de familias representativas que tienen altruismo intergeneracional.

$$V = \int_0^\infty u(c) e^{-\rho t} dt$$

(Ecuación 4.38)

Estas tres ecuaciones definen el modelo de crecimiento de Ramsey-Cass-Koopmans. En este modelo, si se supone la existencia de un mercado de capitales perfecto, se obtiene en forma automática la trayectoria de crecimiento óptima de la economía.

Muchas veces, se utiliza una función de utilidad, que tiene una aversión relativa al riesgo constante:

$$u(c) = \frac{c^{1-\frac{1}{\sigma}}}{\left(1 - \frac{1}{\sigma}\right)}$$

(Ecuación 4.39)

El problema de maximización de utilidad sujeto a la restricción de recursos, queda como sigue:

$$Max V = \int_0^\infty u(c) \cdot e^{-\rho t} dt$$

Sujeto a:

$$f(k) = c + n \cdot k + \dot{k} + \delta \cdot k$$

$$k(0) = k_0$$

Cuya solución se encuentra reemplazando c por la restricción de recursos y solucionando la ecuación de Euler:

$$\frac{\partial I}{\partial k} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right)$$

La trayectoria de solución son las dos ecuaciones diferenciales ya vistas:

$$\dot{c} = \sigma \cdot c \cdot \left[f'(k) - n - \rho - \delta\right]$$

$$\dot{k} = f(k) - c - (n + \delta) \cdot k$$

Su estado estacionario es la Regla de Oro modificada:

$$f'(k^*) = n + \delta + \rho$$

La tasa de ahorro no es constante, sino que obedece a una trayectoria óptima de consumo. Esta es una de las mayores diferencias entre el modelo de Solow y el modelo de Ramsey. La otra gran diferencia, es que el modelo de Ramsey genera una trayectoria de crecimiento óptima, a diferencia del modelo de Solow.

Suponiendo una función de producción de tipo Cobb-Douglas:

$$f(k) = A \cdot k^{\alpha}$$

Entonces el estado estacionario surge de:

$$f'(k) = \alpha \cdot A \cdot k^{\alpha - 1} = n + \delta + \rho$$

$$k^* = \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

El producto por trabajador del estado estacionario es:

$$q^* = A \cdot \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

El PIB per cápita estacionario es:

$$y^* = \left(\frac{L}{N}\right) \cdot q^* = A \cdot \left(\frac{L}{N}\right) \cdot \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

El salario real del estado estacionario es:

$$w^* = (1 - \alpha) \cdot q^* = (1 - \alpha) \cdot A \cdot \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

La renta real del estado estacionario es:

$$R^* = f'(k^*) = n + \delta + \rho$$

La relación capital-producto del estado estacionario es:

$$\left(\frac{K}{Q}\right)^* = \frac{k^*}{q^*} = \frac{\alpha}{n + \delta + \rho}$$

El ritmo de crecimiento del producto por trabajador es:

$q = A \cdot k^{\alpha}$ Tomando logaritmo y derivando con respecto al tiempo

$$\hat{q} = \hat{A} + \alpha \cdot \hat{k}$$

El ritmo de crecimiento del PIB per cápita, suponiendo una tasa de empleo constante es:

$$\hat{y} = \hat{q} = \hat{A} + \alpha \cdot \sigma \cdot \left[\alpha \cdot A \cdot (k)^{\alpha-1} - n - \delta - \rho\right]$$

Si bien hay diferencias en la trayectoria de crecimiento, entre el modelo de Solow y el modelo de Ramsey, en el estado estacionario, ambos modelos son indistinguibles.

La relación capital-producto del estado estacionario en el modelo de Solow es:

$$\left(\frac{K}{Q}\right)^{*}_{Solow} = \left(\frac{s}{n+\delta}\right)$$

Mientras en el modelo de Ramsey es:

$$\left(\frac{K}{Q}\right)^{*}_{Ramsey} = \left(\frac{\alpha}{n+\delta+\rho}\right)$$

El estado estacionario sería el mismo si:

$$\left(\frac{s}{n+\delta}\right) = \left(\frac{\alpha}{n+\delta+\rho}\right)$$

Lo que se logra si:

$$s = \frac{\alpha \cdot (n+\delta)}{n+\delta+\rho}$$

En otras palabras, existe una cierta tasa de preferencia intertemporal, ρ, que es consistente con una tasa de ahorro, s, en el sentido que ambas conducen a la economía hacia el mismo estado estacionario, aunque por trayectorias diferentes.

¿Qué ocurre si el mercado de capitales no es perfecto?

En este caso, se produce una discrepancia entre la tasa de interés real que enfrentan las familias, r_F, y la tasa de interés real relevante para las empresas, r. Esta diferencia genera un spread positivo en el mercado financiero, que se traduce en cambios en la trayectoria de crecimiento de la economía y en el estado estacionario.

$$r - r_F = spread$$

$$\hat{c} = \sigma \cdot \left[f'(k) - spread - n - \delta - \rho\right]$$

Trayectoria de crecimiento

$$f'(k) = spread + n + \delta + \rho$$

Estado estacionario

Mientras menor es el spread, más se acerca la trayectoria de crecimiento efectiva a su trayectoria óptima.

Ejercicio del modelo de Ramsey

"Una economía en que sus habitantes maximizan sus preferencias intertemporales, con parámetros σ = 2 y ρ = 0,04, posee una función de producción Cobb-Douglas con parámetros A = 1 y α = 0,5. La tasa de depreciación es δ = 0,03. El ritmo de crecimiento de la población es de 1 % anual. Suponga que las familias tienen altruismo intergeneracional y que el mercado de capitales es perfecto. i) Obtenga la relación capital-trabajo y capital-producto del estado estacionario ii) calcule el PIB per cápita del estado estacionario, si la tasa de empleo (L/N) es 0,5 iii) ¿cuál es la tasa de interés real del estado estacionario iv) Calcule el salario real en el estado estacionario v) ¿cuál es la tasa de ahorro del estado estacionario.

Respuesta:

Los parámetros de este ejercicio son:

A = 1, α = 0,4, n = 0,01, δ = 0,03, (L/N) = 0,5, ρ = 0,04, σ = 2

La relación capital-trabajo del estado estacionario es:

$$k^* = \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

$$k^* = 25$$

La relación capital-producto es:

$$\left(\frac{K}{Q} \right)^* = \left(\frac{\alpha}{n + \delta + \rho} \right)$$

$$\left(\frac{K}{Q} \right)^* = 5$$

El PIB per cápita del estado estacionario es:

$$y^* = A \cdot \left(\frac{L}{N} \right) \cdot \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

$$y^* = 1{,}462$$

La tasa de interés real del estado estacionario surge de:

$$f'(k^*) = R^* = r + \delta = n + \delta + \rho$$

$$r^* = n + \rho$$

$$r^* = 0{,}05 = 5\%$$

El salario real del estado estacionario es:

$$w^* = (1 - \alpha)\, q^* = (1 - \alpha) \cdot A \cdot \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

$$w^* = 1{,}755$$

La tasa de ahorro del estado estacionario es:

$$s = \frac{\alpha \cdot (n + \delta)}{n + \delta + \rho}$$

$$s = 0{,}2$$

4.7 Política Fiscal y crecimiento económico

Para introducir la política fiscal, en un modelo de crecimiento es necesario considerar un Estado, que tiene un gasto público, que se financia con tributación. Para esto se introducen los conceptos de:

$g = \frac{G}{L}$ Gasto público o consumo de gobierno por trabajador

$t = \frac{T}{L}$ Tributación por trabajador

$g = t$ Gasto público equilibrado con tributación

Política Fiscal en el modelo de Solow

La función consumo depende del ingreso disponible de las personas:

$c = (1 - s) \cdot (f(k) - t)$ (Ecuación 4.40)

También cambia la restricción de recursos de la sociedad:

$f(k) = c + (n + \delta) \cdot k + \dot{k} + g$ (Ecuación 4.41)

Combinando las ecuaciones 4.41 4.40, se tiene:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - s \cdot g - (n + \delta) \cdot k$$

Ecuación diferencial del crecimiento

Nótese que un aumento en el gasto del gobierno desplaza negativamente la trayectoria de acumulación de capital. En la figura 35 se observa que, al introducir un gasto de gobierno por trabajador de g, la relación capital-trabajo del estado estacionario se reduce desde k* hasta k_1, lo que desplaza hacia abajo la trayectoria de crecimiento de la economía.

Por lo tanto, al aumentar el gasto de gobierno, el efecto de corto plazo es que se frena el ritmo de acumulación de capital, lo que a su vez frena el ritmo de crecimiento en el PIB. Se “salta” a una trayectoria de menor crecimiento de la razón-capital trabajo (Ver figura 35). En el largo plazo, el estado estacionario, es de una menor relación capital-trabajo. Por lo tanto, los efectos de largo plazo del aumento en el gasto público son un menor PIB per cápita en el estado estacionario, menores salarios reales y, una renta real del capital mayor.

Figura 35. Aumento en el gasto de gobierno

El nuevo estado estacionario de la economía es:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - s \cdot g - (n+\delta) \cdot k = 0$$

$$s \cdot f(k) - (n+\delta) \cdot k = s \cdot g$$

Tomando la diferencial total:

$$\left[s \cdot f'(k) - (n+\delta)\right] \cdot dk = s \cdot dg$$

De donde:

$$\frac{dk}{dg} = \frac{s}{s \cdot f'(k) - (n+\delta)}$$

Como la trayectoria de crecimiento al llegar al estado estacionario es decreciente:

$$\frac{d\dot{k}}{dk} = s \cdot f'(k) - (n+\delta) < 0 \quad \Rightarrow \quad s \cdot f'(k) < (n+\delta)$$

Esto implica que necesariamente:

$$\frac{dk}{dg} < 0$$

Todo aumento en el gasto de gobierno reduce la relación capital-trabajo del estado estacionario.

¿Qué ocurre si el estado realiza inversión pública en lugar de efectuar gasto de gobierno? Consideremos un caso extremo en que todos los impuestos se destinan a inversión pública, ip:

$t = ip$

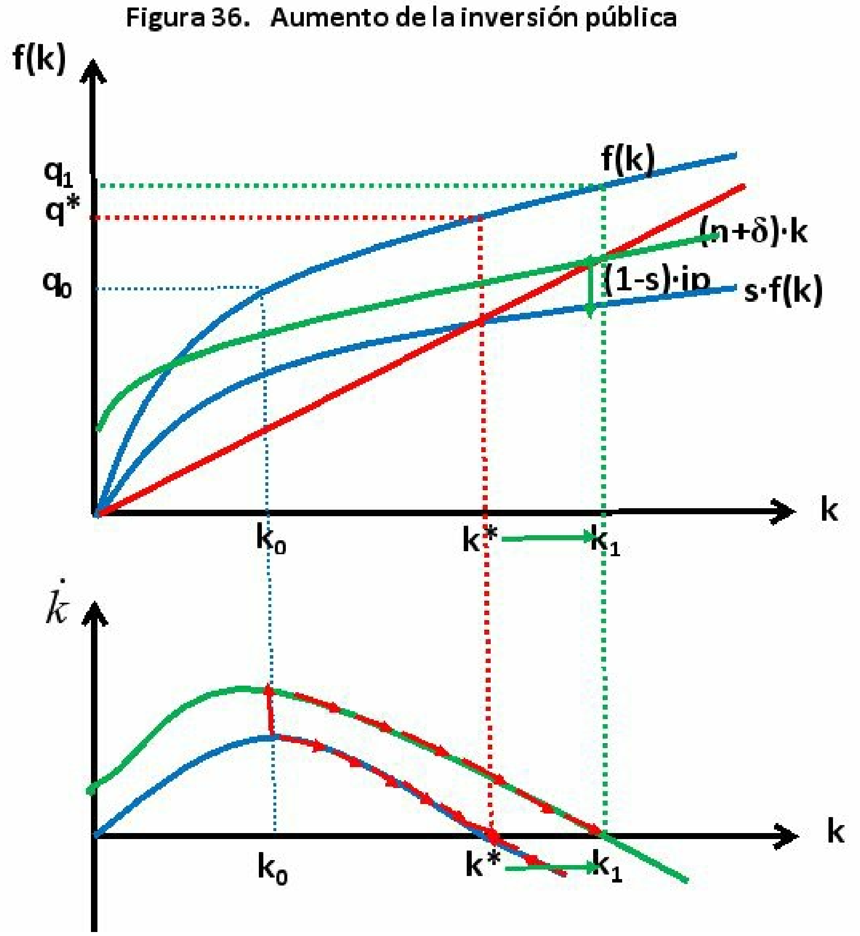
En este caso:

$$\dot{k} = f(k) - c - (n + \delta) \cdot k$$

$$c = (1 - s) \cdot (f(k) - ip)$$

$$\dot{k} = s \cdot f(k) + (1 - s) \cdot ip - (n + \delta) \cdot k$$

En este caso, la inversión pública, ip, desplaza la trayectoria de crecimiento hacia arriba, y genera un estado estacionario con mayor relación capital-trabajo, como se aprecia en la figura 36.



Un aumento de la inversión pública genera una aceleración en el ritmo de crecimiento del PIB per cápita, ya que se "salta" a una nueva trayectoria de crecimiento con mayor estado estacionario. Los efectos de largo plazo son una relación capital-trabajo más alta, un PIB per cápita mayor, salarios reales más altos y una renta real del capital menor.

El nuevo estado estacionario es:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) + (1 - s) \cdot ip - (n + \delta) \cdot k = 0$$

$$s \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k = -(1 - s) \cdot ip$$

Diferenciando totalmente:

$$[s \cdot f'(k) - (n+\delta)] \cdot dk = -(1-s) \cdot d(ip)$$

De donde:

$$\frac{dk}{d(ip)} = -\frac{(1-s)}{s \cdot f'(k) - (n+\delta)} > 0$$

Un incremento de la inversión pública siempre aumenta la relación capital-trabajo del estado estacionario.

Si un aumento en el gasto de gobierno reduce la relación capital-trabajo del estado estacionario, y un aumento en la inversión pública la aumenta: ¿existe alguna combinación de gasto de gobierno e inversión pública que deje la trayectoria de crecimiento inalterada?

Esto se puede averiguar suponiendo un estado que realiza ambas funciones:

$$t = g + ip$$

Calculando la nueva trayectoria de crecimiento:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) + (1-s) \cdot ip - s \cdot g - (n+\delta) \cdot k$$

La trayectoria de crecimiento original quedaría inalterada si:

$$(1-s) \cdot ip - s \cdot g = 0$$

Resolviendo se tiene:

$g = (1-s) \cdot t$ y $ip = s \cdot t$

Si el estado se gasta una proporción s de los impuestos en inversión pública, y una proporción (1-s) en gasto de gobierno, entonces no afecta la trayectoria de crecimiento de la economía. Es decir, si el estado se comporta igual que el sector privado (ahorrando en la proporción s y gastando (1-s)), no afecta a la economía en el largo plazo (Suponiendo que invierta bien los recursos).

Si invierte una proporción mayor que s, entonces impulsa la economía hacia un estado estacionario de mayor relación capital-trabajo. Por el contrario, si invierte una proporción menor que s, entonces frena la economía, y fuerza hacia un estado estacionario de menor relación capital-trabajo.

Política Fiscal en el modelo de Ramsey

En el modelo de Ramsey, se introduce el gasto de gobierno en la función de utilidad de la familia representativa. Esto bajo la hipótesis de que, al menos parte del gasto de gobierno, es valorado positivamente por las personas:

$$MaxV = \int_0^{\infty} u(c,g) \cdot e^{-\rho \cdot t} dt$$ (Ecuación 4.42)

En que $u'_c > 0$ y $u'_g > 0$

También se introducen impuestos distorsionantes:

$$t = \tau_c \cdot c + \tau_w \cdot w + \tau_\pi \cdot \pi + \tau_k \cdot k$$ (Ecuación 4.43)

Los impuestos se cobran al consumo, c, a los salarios, w, a las utilidades contables, π, y a la propiedad de los activos, k.

Con estos impuestos, el estado financia los gastos de gobierno, g.

$$t = g$$

En este caso, empresas y familias ven afectados sus incentivos.

Las utilidades económicas por trabajador, después de impuestos, son las siguientes:

$$\pi = (1-\tau_{\pi})\cdot[f(k) - w - \delta\cdot k - r\cdot d\cdot k] - r\cdot(1-d)\cdot k$$

En que d es la relación deuda/activos (0 ≤ d ≤ 1).

La maximización de utilidades por las empresas lleva a:

$$\frac{d\pi}{dk} = (1-\tau_{\pi})\cdot[f'(k) - \delta - r\cdot d] - r\cdot(1-d) = 0$$

Despejando la expresión anterior, se tiene:

$$f'(k) = \left(\frac{1-\tau_{\pi}\cdot d}{1-\tau_{\pi}}\right)\cdot r + \delta$$ (Ecuación 4.44)

Esto debe compararse con la expresión sin impuesto a las utilidades:

$$f'(k) = r + \delta$$

Asimismo, la presencia de impuestos modifica la restricción presupuestaria de la familia representativa, y el problema queda como sigue:

$$MaxV = \int_0^{\infty} u(c,g)\cdot e^{-\rho\cdot t}dt$$

Sujeto a:

$$(1-\tau_w)\cdot w + (1-\tau_k)\cdot r\cdot k = (1-\tau_c)\cdot c + n\cdot k + \dot{k}$$

$$k(0) = k_0$$

Despejando c de la restricción presupuestaria y reemplazando en la función objetivo, se tiene:

$$MaxV = \int_0^{\infty} u\left(\frac{1-\tau_w}{1-\tau_c}\cdot w + \frac{1-\tau_k}{1-\tau_c}\cdot r\cdot k - \frac{n}{1-\tau_c}\cdot k - \frac{1}{1-\tau_c}\cdot \dot{k}, g\right)\cdot e^{-\rho\cdot t}dt$$

Sujeto a:

$$k(0) = k_0$$

La trayectoria óptima de consumo de las familias se obtiene de la ecuación de Euler:

$$\frac{\partial I}{\partial k} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right)$$

Donde:

$$I = u\left(\frac{1-\tau_w}{1-\tau_c}\cdot w + \frac{1-\tau_k}{1-\tau_c}\cdot r\cdot k - \frac{n}{1-\tau_c}\cdot k - \frac{1}{1-\tau_c}\cdot \dot{k}, g\right)\cdot e^{-\rho t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial k} = u'_c\cdot\left(\frac{(1-\tau_k)\cdot r - (n)}{1-\tau_c}\right)\cdot e^{-\rho t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{k}} = -u'_c\cdot\frac{1}{1-\tau_c}\cdot e^{-\rho\cdot t}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right) = \rho\cdot u'_c\cdot\frac{1}{1-\tau_c}\cdot e^{-\rho\cdot t} - u''_{cc}\cdot\dot{c}\cdot\frac{1}{1-\tau_c}\cdot e^{-\rho\cdot t}$$

Igualando términos, simplificando, y suponiendo que las preferencias tienen aversión relativa al riesgo constante, se obtiene:

$$\hat{c} = \sigma \cdot [(1-\tau_k) \cdot r - n - \rho]$$

Y combinando esta ecuación con la 4.44 se tiene finalmente:

$$\hat{c} = \sigma \cdot \left[\frac{(1-\tau_k) \cdot (1-\tau_\pi)}{(1-\tau_\pi \cdot d)} \cdot (f'(k) - \delta) - n - \rho \right]$$ (Ecuación 4.45)

Esta ecuación en conjunto con la restricción de recursos, son las dos ecuaciones diferenciales que determinan la trayectoria de crecimiento de la economía:

$$\dot{k} = f(k) - c - g - (n + \delta) \cdot k$$ (Ecuación 4.46)

El estado estacionario de esta economía, surge de igualar a cero la ecuación 4.45 es:

$$f'(k) = \frac{(1-\tau_\pi \cdot d)}{(1-\tau_k) \cdot (1-\tau_\pi)} \cdot (n+\rho) + \delta$$ (Ecuación 4.47)

Si la función de producción agregada es de tipo Cobb-Douglas, se puede calcular la relación capital-trabajo del estado estacionario:

$$k* = \left(\frac{A \cdot \alpha \cdot (1-\tau_k) \cdot (1-\tau_\pi)}{(1-\tau_\pi \cdot d) \cdot (n+\rho) + \delta \cdot (1-\tau_k) \cdot (1-\tau_\pi)} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Se observa que no da lo mismo como se financia el gasto del gobierno. Si este se financia con impuestos patrimoniales (τ_k) o con impuestos sobre las utilidades contables (τ_π), se afecta adversamente tanto el estado estacionario como la trayectoria de crecimiento de la economía.

Si el gasto del gobierno se financia con impuestos a los salarios (τ_w) o al consumo (τ_c) no se afecta el estado estacionario. En este sentido, impuestos al consumo y a los salarios son menos distorsionantes en el largo plazo, que los impuestos a las utilidades y al patrimonio. El impuesto al patrimonio, es de lejos, el peor de todos para el desarrollo del país.

Los impuestos al consumo y a los salarios aparecen en este modelo como impuestos de tipo “lump sum” debido a que se supuso, por hipótesis, que la oferta de trabajo era inelástica. La distorsión que causan estos impuestos es proporcional a la elasticidad-oferta de trabajo. Como la evidencia empírica sugiere que esta elasticidad es muy baja, la conclusión se sostiene.

Igualando a cero la ecuación 4.46 se obtiene la otra condición del estado estacionario:

$$c = f(k) - (n + \delta) \cdot k - g$$ (Ecuación 4.48)

En el modelo de Ramsey, si el aumento del gasto del gobierno, g, se financia con impuestos al consumo o a los salarios, entonces la relación capital-trabajo del estado estacionario de la economía no se ve afectada.

En ese caso diferenciando la ecuación 4.48

$$dc = -dg$$

Hay un “crowding out” perfecto entre el gasto de gobierno y el consumo de las personas. Por cada unidad que aumenta el consumo de gobierno disminuye en una unidad el consumo de las personas. Que esto sea óptimo desde un punto de vista de bienestar depende de las preferencias de las personas.

$$u(c, g)$$

El gasto de gobierno óptimo surge de:

$$du = u'_c \cdot dc + u'_g \, dg = 0$$

$$u'_c = u'_g$$

El gasto de gobierno óptimo surge de igualar la utilidad marginal del gasto de gobierno con la utilidad marginal del consumo de las personas.

Por otro lado, si el gasto de gobierno se financia en parte con impuestos patrimoniales o a las utilidades contables, entonces un incremento en el gasto de gobierno reduce la relación capital-trabajo del estado estacionario. En este caso hay un menor consumo per cápita debido a esta reducción. En este caso, el óptimo requiere que la utilidad marginal del gasto de gobierno sea mayor que la utilidad marginal del consumo de las personas.

Diferenciando la ecuación 4.48

$$dc = \left[f'(k) - n - \delta\right] \cdot \frac{\partial k}{\partial g} dg - dg$$

$$dc > -dg$$

$$u'_g > u'_c$$

Ejercicio de Política Fiscal

"Considere una economía con una función de producción de tipo Cobb-Douglas con parámetros A = 1 y α = 0,4. Su tasa de depreciación es de 3 %. Su tasa de empleo es 60 %. Las empresas financian la mitad de su capital con deuda. Las familias maximizan su función de utilidad intertemporal que tiene parámetros σ =2 y ρ = 0,04. Hay altruismo intergeneracional, y el mercado de capitales es perfecto. La población crece al 1 % anual. El consumo de gobierno es igual al 10 % del PIB, y se financia con impuestos al consumo $\tau_c = 0{,}2$, impuestos a los salarios $\tau_w = 0{,}05$, impuestos a la propiedad $\tau_k = 0{,}01$, e impuestos a las utilidades contables $\tau_\pi = 0{,}2$. i) Si no hubiera impuestos, ni gasto del gobierno ¿cuál sería la relación capital-trabajo, el PIB per cápita y el consumo por trabajador del estado estacionario ii) ¿cuál es la relación capital-trabajo y el PIB per cápita del estado estacionario, con los impuestos mencionados? iii) Obtenga el nivel de consumo por trabajador con impuestos iv) ¿Cómo se ven afectados los salarios reales? v) ¿cuál es la caída en el nivel de bienestar en el estado estacionario, si no valorara el gasto de gobierno? vi) ¿Cuál es la elasticidad del PIB per cápita estacionario ante variaciones en los cuatro impuestos?"

Respuesta:

Los parámetros de esta economía son:

A = 1, α = 0,4, n = 0,01, δ = 0,03, ρ = 0,04, σ = 2, $\tau_c = 0{,}2$, $\tau_w = 0{,}05$, $\tau_k = 0{,}01$, $\tau_\pi = 0{,}2$

(L/N) = 0,5, d= 0,5, g = 0,1·y

Si no hubiese impuestos ni gasto de gobierno, la relación capital-trabajo estacionaria sería

$$f'(k) = A \cdot \alpha \cdot k^{\alpha-1} = n + \delta + \rho$$

$$k^* = \left(\frac{A \cdot \alpha}{n + \delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

$$k^* = 14{,}62$$

El PIB per cápita es:

$$y^* = \left(\frac{L}{N}\right) \cdot A \cdot (k^*)^{\alpha}$$

$$y^* = 1{,}75$$

El consumo por trabajador es:

$$c^* = q^* - (n+\delta)\cdot k^*$$

$$c^* = 2{,}34$$

Al existir gasto de gobierno y este conjunto de impuestos, el nuevo estado estacionario es:

$$k_1 = \left(\frac{A \cdot \alpha \cdot (1-\tau_k)\cdot(1-\tau_\pi)}{(1-\tau_\pi \cdot d)\cdot(n+\rho) + \delta \cdot (1-\tau_k)\cdot(1-\tau_\pi)} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

$k_1 = 12{,}76$ (-12,7 % menos)

$y_1 = 1{,}66$ (-5,1 % menos)

El consumo por trabajador es:

$$c = f(k) - (n+\delta)\cdot k - g$$

$$c_1 = 2{,}77 - 0{,}05 \cdot 12{,}76 - 0{,}1 \cdot 1{,}66$$

$c_1 = 1{,}97$ (-15,8 % menos)

El salario real en el estado estacionario sin impuestos es:

$$w^* = (1-\alpha)\cdot q^*$$

$$w^* = 1{,}75$$

Al introducir gasto de gobierno e impuestos, el salario real queda en:

$$w_1 = (1-\alpha)\cdot q_1$$

$$w_1 = 1{,}66$$

La introducción de impuestos disminuye los salarios reales en el estado estacionario en -5,1 %.

La función de utilidad instantánea de la familia representativa es:

$$u(c) = \frac{c^{1-\frac{1}{\sigma}}}{1-\frac{1}{\sigma}}$$

Al evaluar

$$u(c^*) = 3{,}06$$

$u(c_1) = 2{,}81$ (-8,2 % menos)

Este gasto de gobierno debería ser valorado al menos en 0,25 (=3,06 – 2,81) por las familias para que valga la pena. Como el gasto de gobierno es 0,166 (10 % del PIB per cápita), cada peso gastado por el gobierno debe ser valorado en 1,5 para mantener el bienestar constante.

Para ver el efecto de las elasticidades, se puede considerar el PIB per cápita estacionario:

$$y_1 = \left(\frac{L}{N}\right) A \cdot \left(\frac{A \cdot \alpha \cdot (1-\tau_k)\cdot(1-\tau_\pi)}{(1-\tau_\pi \cdot d)\cdot(n+\rho) + \delta \cdot (1-\tau_k)\cdot(1-\tau_\pi)} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

Como τ_c y τ_w no aparecen en el estado estacionario, sus elasticidades son cero:

$$\frac{\tau_c}{y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial \tau_c} = \frac{\tau_w}{y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial \tau_w} = 0$$

Derivando y_1 con respecto a τ_k y poniéndolo en términos de elasticidades, al evaluar los parámetros en el estado estacionario:

$$\frac{\tau_k}{y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial \tau_k} = -0{,}009$$

Un incremento de 10 % en la tasa del impuesto al patrimonio (De 1 % a 1,1 %) reduce el PIB per cápita del estado estacionario en -0,09 %. Por cada peso recaudado, se sacrifican 0,1 pesos en el PIB estacionario (Resulta de comparar recaudación adicional con caída de PIB).

Derivando y_1 con respecto a τ_π y poniéndolo en términos de elasticidades, al evaluar los parámetros en el estado estacionario:

$$\frac{\tau_\pi}{y_1} \cdot \frac{\partial y_1}{\partial \tau_\pi} = -0{,}546$$

Un incremento de 10% en la tasa del impuesto a las utilidades contables (De 20 % a 22 %) reduce el PIB per cápita del estado estacionario en -5,46 %. Por cada peso recaudado, se reduce el PIB estacionario en 6 pesos (surge de comparar recaudación adicional con caída de PIB).

4.7 Política Monetaria y crecimiento económico

La política monetaria se define como el manejo del ritmo de expansión en los agregados monetarios. Al cambiar el ritmo de expansión de los agregados monetarios, se afecta la inflación, lo que a su vez afecta la tasa de interés nominal de la economía.

Si se define la cantidad real de dinero por trabajador, m, como:

$$m = \frac{M}{P \cdot L}$$

En que M es la cantidad nominal de dinero en la economía, P es el nivel general de precios y, L la cantidad de trabajadores.

Si en un estado estacionario, m se mantiene constante, entonces se cumple que:

$$\hat{m} = 0 = \hat{M} - \hat{P} - \hat{L}$$

Definiendo $\hat{M} = \mu$ (ritmo de expansión de agregados monetarios) y

$\hat{P} = \pi$ (inflación)

Se tiene que:

$$\pi = \mu - n \quad \text{(Ecuación 4.49)}$$

Esta es la inflación en el estado estacionario

La tasa de interés nominal surge de la ecuación de Fisher:

$$i = r + \pi \quad \text{(Ecuación 4.50)}$$

Esta recibe el nombre de ecuación de Fisher

Política monetaria en el modelo de Solow

Harry Johnson introdujo una política monetaria en el modelo de Solow. Para ello, Johnson cambió la definición del ingreso a un ingreso monetario disponible por trabajador, agregándole los cambios en la cantidad real de dinero:

$$q^d = q + \frac{\partial m}{\partial t}$$

$$q^d = q + (\mu - \pi) \cdot m$$

La tasa de ahorro del modelo de Solow, Johnson lo aplica sobre el ingreso monetario disponible. Este ahorro lo utilizan las familias para comprar activos físicos y dinero.

La ecuación diferencial del crecimiento cambia a:

$$\dot{k} = f(k) - (1 - s) \cdot q^d - (n + \delta) \cdot k$$

La demanda por dinero es de tipo Keynesiano:

$m = l(i) \cdot q$ en que $l'(i) < 0$

Combinando las tres últimas ecuaciones se tiene:

$$\dot{k} = q - (1 - s) \cdot [q + (\mu - \pi) \cdot l(i) \cdot q] - (n + \delta) \cdot k$$

Reordenando términos:

$$\dot{k} = [s - (1 - s) \cdot (\mu - \pi) \cdot l(i)] \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k \quad \text{(Ecuación 4.51)}$$

Esta última ecuación diferencial es similar a la del modelo de Solow, excepto que la tasa de ahorro efectiva en capital físico, es influida por la política monetaria.

$$s_m = s - (1-s)\cdot(\mu - \pi)\cdot l(i)$$

De las ecuaciones 4.49 y 4.50 se tiene que en el estado estacionario:

$$\pi = \mu - n$$

$$i = r + \pi$$

Si la autoridad monetaria aumenta el ritmo de expansión de los agregados monetarios, entonces se produce mayor inflación. Al aumentar la inflación, aumenta la tasa de interés nominal. Con una tasa de interés nominal más alta, disminuye la demanda real por dinero. Ello hace que la tasa de ahorro efectiva en capital físico aumente, lo que lleva a un estado estacionario de mayor relación capital-trabajo.

$$\frac{\partial s_m}{\partial i} = -(1-s)\cdot n \cdot l'(i) > 0$$

Con ello, Harry Johnson obtuvo la sorprendente conclusión, que un poco más de inflación es beneficiosa para el desarrollo económico, ya que estimula un mayor ritmo de acumulación de capital físico.

Aparentemente, algunos gobiernos de tinte "desarrollista" en Brasil se entusiasmaron con esta conclusión, e implementaron en la década de los años sesenta, políticas que incentivaban la inflación, como una manera de acelerar el crecimiento de la economía.

Sin embargo, para obtener esta conclusión, es crítico que la tasa de ahorro tome la forma que sugiere Johnson. Si la tasa de ahorro surge de una optimización intertemporal, no se obtiene este resultado.

Política monetaria en el modelo de Ramsey

El economista Miguel Sidrausky (1967) incorporó el dinero en el modelo de Ramsey. Para ello introdujo el dinero real en la función de utilidad de la familia representativa. Sidrausky lo justificó a través de los costos de transacción que se pierden, cuando la economía se desmonetiza debido a un proceso inflacionario. En el extremo, con un proceso hiperinflacionario, la economía tiende a regresar al trueque.

U(c,m)

Sidrausky notó que, en la transición hacia el estado estacionario, las autoridades monetarias tienen una recaudación positiva por señoreaje e impuesto inflación:

$$\frac{\dot{m}}{m} = \mu - n - \pi$$

(Ecuación 4.52)

Sidrausky supone que las familias solucionan el siguiente problema:

$$Max V = \int_0^{\infty} u(c,m)\cdot e^{-\rho t} dt$$

Sujeto a:

$$c = f(k) - n\cdot k - \delta\cdot k - \dot{k} - n\cdot m - \pi\cdot m - \dot{m} + h$$

$k(0) = k_0$ y $m(0) = m_0$

En que h es una transferencia de tipo "lump-sum" que realizan las autoridades monetarias a

las familias para mantener el balance presupuestario. Se supone que estas transferencias no afectan los incentivos en el margen, y en monto esta transferencia es igual a:

$$h = n \cdot m + \pi \cdot m + \dot{m}$$

Al introducir la restricción del consumo en la función objetivo, se tiene un problema en la forma requerida por el cálculo de variaciones:

$$MaxV = \int_0^\infty u\left[f(k) - n \cdot k - \delta \cdot k - n \cdot m - \pi \cdot m - \dot{m} + h, m\right] \cdot e^{-\rho \cdot t} dt$$

Sujeto a:

$$k(0) = k_0 \quad \text{y} \quad m(0) = m_0$$

La trayectoria óptima del consumo, de la relación capital-trabajo y del dinero real se obtiene a través de un sistema de ecuaciones de Euler:

$$\frac{\partial I}{\partial k} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{m}}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial k} = e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c \cdot \left(f'(k) - n - \delta\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{k}} = -e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right) = \rho \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c - e^{-\rho \cdot t} \cdot \left(u''_{cc} \cdot \dot{c} + u''_{cm} \cdot \dot{m}\right)$$

Igualando términos se obtiene:

$$u'_c \cdot \left(f'(k) - n - \delta - \rho\right) = -u''_{cc} \cdot \dot{c} - u''_{cm} \cdot \dot{m}$$

$$\frac{\partial I}{\partial m} = e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_m - e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c \cdot (\pi + n)$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{m}} = -e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{m}}\right) = \rho \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c - e^{-\rho \cdot t} \cdot \left(u''_{cc} \cdot \dot{c} + u''_{cm} \cdot \dot{m}\right)$$

Igualando términos se obtiene:

$$-u'_c \cdot (\pi + n + \rho) + u'_m = -u''_{cc} \cdot \dot{c} - u''_{cm} \cdot \dot{m}$$

De las dos ecuaciones de Euler se obtiene:

$$u'_c \cdot (r + \delta - n - \delta - \rho) = -u'_c \cdot (\pi + n + \rho) + u'_m$$

$$u'_c \cdot (r + \pi) = u'_m$$

Aplicando la ecuación de Fisher:

$$u'_c\,(c,m) \cdot i = u'_m\,(c,m)$$

De donde se desprende una demanda real por dinero: $m = m(c, i)$

La demanda por dinero anterior proviene de la maximización de la utilidad intertemporal de la familia representativa. Los argumentos verdaderos de la demanda por dinero son el consumo de las personas y la tasa de interés nominal.

En el estado estacionario:

$$\dot{k} = \dot{c} = \dot{m} = 0$$

De aquí se obtiene:

$$c = f(k) - (n + \delta) \cdot k$$

$$f'(k) = r + \delta = n + \delta + \rho$$

$$u'_m = u'_c \cdot (\pi + n + \rho)$$

De las ecuaciones anteriores se observa que la política monetaria, si bien es capaz de afectar la trayectoria de crecimiento, no es capaz de afectar el estado estacionario de la economía. La economía llega a la Regla de Oro modificada, sin importar la política monetaria que se siga (política monetaria es superneutral). Se llega a la misma relación capital-trabajo, k, y al mismo consumo, c.

$$r = n + \rho$$

$$u'_m = u'_c \cdot i$$

La política monetaria si es capaz de afectar la inflación del estado estacionario, y a través de ello es capaz de afectar la tasa de interés nominal y la cantidad real de dinero del estado estacionario.

$$u(c, m)$$

Como el bienestar de la sociedad si depende de la cantidad real de dinero, a mayor inflación, disminuye el bienestar de la sociedad.

En la figura 37 se puede observar gráficamente el equilibrio de largo plazo del modelo monetario de crecimiento de Sidrausky. El modelo llega siempre a la Regla de Oro modificada, y la política monetaria afecta la cantidad de dinero real por trabajador, m.

Mientras mayor sea la inflación del estado estacionario, menor es la cantidad real de dinero en el equilibrio final.

La política monetaria óptima en este modelo es la propuesta por Milton Friedman, en su Optimum Quantity of Money, que lleva a hacer máxima la cantidad real de dinero, disminuyendo a un mínimo los costos de transacción.

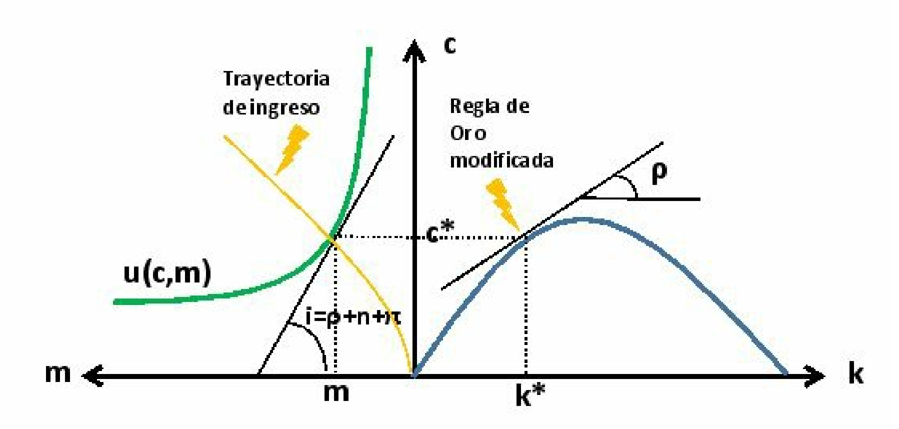


Figura 37. El modelo de Sidrausky

Ejercicio de Política Monetaria

"Considere una economía con una función de producción de tipo Cobb-Douglas con parámetros A = 1 y α = 0,4. Su tasa de depreciación es de 3 %. Su tasa de empleo es 60 %. Las familias maximizan su función de utilidad intertemporal que tiene parámetros σ =2 y ρ = 0,04. Hay altruismo intergeneracional, y el mercado de capitales es perfecto. La población crece al 1 % anual. Un Banco Central tiene la política de expandir la cantidad nominal de dinero en 5 % anual. La función de utilidad instantánea es de la forma:

$$u(c,m) = \frac{c^{1-\frac{1}{\sigma}} \cdot m^{\beta}}{1-\frac{1}{\sigma}}$$

en que β = 0,5. i) Obtenga la relación capital-trabajo y el consumo por trabajador del estado estacionario ii) ¿Cuál es el nivel de inflación en el estado estacionario? iii) Obtenga la tasa de interés nominal del estado estacionario iv) Obtenga la función de demanda por dinero v) ¿Cuál es la cantidad real de dinero por trabajador en el estado estacionario? vi) ¿Cuánto dinero recauda el Banco Central como porcentaje del PIB? vii) Se propone expandir la cantidad nominal de dinero en 10 % anual. ¿Cómo cambia el equilibrio anterior?"

Respuesta:

Este ejercicio se resuelve con el modelo de Sidrausky. El estado estacionario es la Regla de Oro modificada:

$$f(k) = q = A \cdot k^{\alpha}$$

$$f'(k) = \alpha \cdot A \cdot k^{\alpha-1} = n + \delta + \rho$$

$$k* = \left(\frac{\alpha \cdot A}{n + \delta + \rho} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

$$k* = 14{,}63$$

El consumo por trabajador surge de la restricción de recursos del estado estacionario:

$$c* = f(k*) - (n+\delta) \cdot k*$$

$$c* = 2{,}34$$

El nivel de inflación del estado estacionario es:

$$\pi = \mu - n$$

$\pi = 4\%$

La tasa de interés real es:

$r^* = n + \rho$

$r^* = 5\%$

La tasa de interés nominal es:

$i = r + \pi$

$i = 9\%$

La función de demanda por dinero surge de:

$u'_m = u'_c \cdot i$

$$\frac{\beta \cdot m^{\beta-1} \cdot c^{1-\frac{1}{\sigma}}}{1-\frac{1}{\sigma}} = c^{-\frac{1}{\sigma}} \cdot m^{\beta} \cdot i$$

Despejando m:

$$m = \frac{\beta}{1-\frac{1}{\sigma}} \cdot c \cdot i^{-1}$$

Reemplazando los valores de c e i:

$m = 26$

El Banco Central recauda el señoreaje e impuesto inflación:

$h = \mu \cdot m = n \cdot m + \pi \cdot m$

$h = 1{,}3$

Esto corresponde al 44 % del PIB. En el modelo se supone que este monto lo devuelve a las familias. Si no, no podrían sostener su nivel de consumo.

Si μ aumenta a 10 % anual, el equilibrio de la Regla de Oro modificada no se altera. La relación capital-trabajo y consumo por trabajador no se modifican.

La inflación sube a 9 % anual, la tasa de interés real no cambia y la tasa de interés nominal sube a 14 % anual. La función de demanda por dinero no cambia, y la cantidad real de dinero por trabajador disminuye a 16,71 (caída de -35,7 %). La recaudación del Banco Central aumenta a 1,67 (28,5 % más). El bienestar de la población disminuye, pero el Banco Central recauda más.

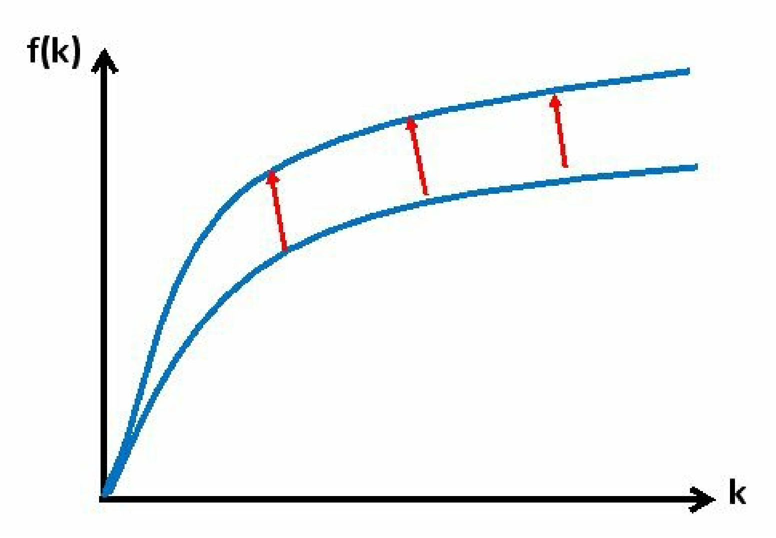
Referencias del Capítulo

- Robert Barro y Xavier Sala-I-Martin, "Economic Growth", 1995, Mc Graw Hill.
- Robert Barro, "Determinants of Economic Growth. A cross-country empirical study", 1997, MIT Press.
- David Cass, "Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation", 1965, Review of Economic Studies.
- Evsey Domar, "Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment", 1946, Econometrica.
- Gene Grossman and Elhanan Helpman, "Innovation and Growth in the Global Economy", 1993, MIT Press.
- Roy Harrod, "An Essay in Dynamic Theory", 1939, The Economic Journal.
- Charles I. Jones, "Introduction to Economic Growth", 1998, W. W. Norton

Company.
- Nicholas Kaldor, “Capital accumulation and Economic Growth”, 1953, in The Theory of Capital, Chapter 10 of the International Economic Association Conference.
- Tjalling C. Koopmans, “On the Concept of Optimal Growth”, 1965, North Holland.
- Gregory Mankiw, David Romer y David Weil, “A contribution to the empirics of Economic Growth”, 1990, NBER Working Paper 3541.
- Luigi Pasinetti, “Rate of Profit and Income Distribution in relation to the Rate of Economic Growth”, 1962, Review of Economic Studies.
- Edmund Phelps, “The Golden Rule of Capital Accumulation”, 1961, American Economic Review.
- Paul Romer, “Dynamic Competitive Equilibria with Externalities. Increasing Returns and Unbounded Growth”, 1983, Ph.D. dissertation, University of Chicago.
- Paul Romer, “Increasing Returns and Long Term Growth”, 1986, Journal of Political Economy.
- Miguel Sidrausky, “Rational Choice and Patterns of Growth in a Monetary Economy”, 1967, American Economic Review.
- Robert Solow, “A contribution to the Theory of Economic Growth”, 1956, Quarterly Journal of Economics.

CAPITULO 5 PROGRESO TÉCNICO

Se puede definir la tecnología como "el fondo social de conocimiento sobre las artes industriales" y la tasa de progreso tecnológico como la tasa a la que aumenta este stock de conocimientos.



El progreso técnico puede tomar tres formas distintas:

1) **Invención de proceso**: Se inventa una nueva técnica que permite producir más bienes con los mismos factores productivos o la misma cantidad de un bien con menos factores productivos. Este tipo de progreso técnico implica un desplazamiento hacia el origen de la isocuanta que refleja la tecnología de producción de un bien, y se refleja en una reducción en el costo de producción.
2) **Mejora de calidad**: Los productos existentes se producen con mejores atributos de calidad. Por ejemplo, un neumático de un costo similar, permite recorrer más kilómetros; o un computador procesar más operaciones por segundo, o tener una memoria más grande.
3) **Invención de producto**: Se inventan bienes que no existían anteriormente. Esta es la parte más llamativa y "espectacular" del progreso técnico.

La característica común de todos los avances tecnológicos es que conducen a una nueva función de producción, que es superior a su predecesora, en el sentido de obtener un mayor producto, para un conjunto de factores dados. En la figura 38 se representa gráficamente el progreso técnico, como un desplazamiento de la función de producción agregada.

Un método bastante general para representar el progreso técnico es a través de desplazamientos en la función de producción agregada en la siguiente forma:

$Q = F(A(t) \cdot K, B(t) \cdot L)$ (Ecuación 5.1)

Según este método el progreso técnico aumenta la "eficacia" de los factores productivos:

$A(t) \cdot K$ es el número de unidades de capital eficaz.

$A(t)$ representa la "eficacia" del capital

$B(t) \cdot L$ es el número de unidades de trabajo eficaz

B(t) representa la “eficacia” del trabajo

Es importante notar, como destaca Solow, que un aumento de la eficacia es un “efecto” y no necesariamente indica nada sobre el origen de la mejora. También es necesario puntualizar que “eficacia” es distinto de “eficiencia”.

Analíticamente, se puede denotar con una tilde, las unidades del factor eficaz. Esto permite representarlos en términos de los modelos ya vistos en el capítulo 4:

$$\tilde{K} = A(t) \cdot K$$

$$\tilde{L} = B(t) \cdot L$$

$$\tilde{k} = \frac{\tilde{K}}{\tilde{L}} = \frac{A(t)}{B(t)} \cdot \frac{K}{L} = \frac{A(t)}{B(t)} \cdot k$$

Se puede reescribir, por ejemplo, el modelo de Solow, en términos de los factores eficaces:

$$\tilde{q} = \frac{Q}{\tilde{L}} = f(\tilde{k})$$ (Ecuación 5.2)

$$\dot{\tilde{k}} = s \cdot f(\tilde{k}) - (n+\delta) \cdot \tilde{k}$$ (Ecuación 5.3)

El modelo se resuelve en forma similar al caso en que no hay progreso técnico. El estado estacionario es por los factores eficaces. Esto implica que, si hay progreso técnico, en principio, se produce un desplazamiento del estado estacionario. En el modelo de Solow, lo único que impide que la economía se detenga en un estado estacionario, es el progreso técnico.

Los pagos a los factores, son por unidad eficaz. Para obtener los pagos por unidad física, hay que reconvertirlos:

$$R = A(t) \cdot \tilde{R} \quad \hat{R} = \hat{A} + \hat{\tilde{R}}$$ (Ecuación 5.4)

$$w = B(t) \cdot \tilde{w} \quad \hat{w} = \hat{B} + \hat{\tilde{w}}$$ (Ecuación 5.5)

También se tiene:

$$q = B(t) \cdot \tilde{q} \quad \hat{q} = \hat{B} + \hat{\tilde{q}}$$

(Ecuación 5.6)

$$k = \frac{B(t)}{A(t)} \cdot \tilde{k} \quad \hat{k} = \hat{B} - \hat{A} + \hat{\tilde{k}}$$ (Ecuación 5.7)

$$\frac{K}{Q} = \frac{1}{A(t)} \cdot \frac{\tilde{K}}{Q} \quad \left(\frac{\hat{K}}{Q}\right) = \left(\frac{\hat{\tilde{K}}}{Q}\right) - \hat{A}$$ (Ecuación 5.8)

En el modelo de Solow, al alcanzar un estado estacionario se tiene que todas las variables con tilde se mantienen constantes:

$$\hat{\tilde{R}} = \hat{\tilde{w}} = \hat{\tilde{q}} = \hat{\tilde{k}} = \left(\frac{\hat{\tilde{K}}}{Q}\right) = 0$$

Si se aplican las regularidades empíricas que Kaldor caracterizó para la economía norteamericana, esto implica que:

La constancia de la renta real del capital y de la relación capital-producto implica que $\hat{A} = 0$, como se desprende de las ecuaciones 5.4 y 5.8.

El hecho de que la relación capital-trabajo esté creciendo implica que $\hat{B} > 0$ como se desprende de la ecuación 5.7. Esto también implica que el producto por trabajador y los salarios reales deben estar creciendo en la misma proporción, como lo indican las ecuaciones 5.5 y 5.6.

En los últimos 20 años, el PIB de los Estados Unidos ha tendido a crecer en torno al 2,4 % anual. La población ha crecido en torno al 1 %. Por lo tanto, el PIB per cápita ha crecido aproximadamente al 1,4 % anual. Si se supone que Estados Unidos ha estado en un estado estacionario, entonces se puede deducir que:

$\hat{A} = 0$ y $\hat{B} = 1{,}4\%$

5.1 Medición del Progreso Técnico

El Método de Solow

En un artículo seminal, Robert Solow (1957) propuso una forma de medir empíricamente el progreso técnico. En dicho artículo, Solow supone una función de producción agregada de la forma (Progreso técnico neutral a la Hicks como se verá más adelante):

$$Q = A(t) \cdot F(K, L)$$

Tomando logaritmos y derivando con respecto al tiempo:

$$\hat{Q} = \hat{A} + \left(\frac{A(t) \cdot F'_K \cdot K}{Q} \right) \cdot \hat{K} + \left(\frac{A(t) \cdot F'_L \cdot L}{Q} \right) \cdot \hat{L}$$

Suponiendo empresas que maximizan utilidades, se tiene que:

$$R = A(t) \cdot F'_K$$

$$w = A(t) \cdot F'_L$$

Lo que deja finalmente:

$$\hat{Q} = \hat{A} + \theta_K \cdot \hat{K} + \theta_L \cdot \hat{L}$$

Donde las variables θ_K y θ_L representan la participación del capital y del trabajo en el ingreso geográfico, respectivamente. Como todas las variables anteriores, menos el progreso técnico, pueden medirse, Solow propone medir el "progreso técnico" como el residuo de la ecuación anterior:

$\hat{A} = \hat{Q} - \theta_K \cdot \hat{K} - \theta_L \cdot \hat{L}$ "Progreso Técnico"(Ecuación 5.9)

En su artículo de 1957, Solow aplicó esta ecuación para explicar el crecimiento de Estados Unidos entre 1909 y 1949. Encontró que:

$\hat{Q} = 2{,}92\%$ $\quad \hat{K} = 1{,}88\%$ $\quad \hat{L} = 1{,}20\%$ $\theta_K = 1 - \theta_L = 0{,}34$

Por lo que $\hat{A} = 1{,}49\%$

Es decir, más de la mitad del crecimiento de Estados Unidos en ese periodo se explicaba por "progreso técnico" y no por la acumulación de factores productivos.

Es fácil extender este método a más factores productivos. Simplemente se obtiene el "progreso técnico" como el crecimiento no explicado por la acumulación de factores:

$\hat{A} = \hat{Q} - \sum_{i=1}^{k} \theta_i \cdot \hat{X}_i$ en que los X_i representan los distintos factores productivos

En un libro, Edward Denison (1979) agregó muchos más factores para medir la explicación del crecimiento de Estados Unidos, intentando explicar la reducción en su ritmo de crecimiento en la década de 1970. En el cuadro 6 se resumen los resultados de Denison para explicar el crecimiento de Estados Unidos en el periodo 1929-1976, en base a la metodología de Solow.

Edward Denison llamó al residuo de Solow, "la medida de nuestra ignorancia", en el sentido de que había factores que afectaban el crecimiento, y todavía no eran bien entendidos. En su análisis, redujo el residuo de Solow a solo un 39 % del crecimiento de tendencia. Separó correctamente el crecimiento de tendencia de los factores cíclicos. Encontró que a la

acumulación de capital y trabajo físico era necesario agregar el aumento en los niveles de educación (capital humano) para lograr explicar la acumulación de factores. Respecto al residuo de Solow, encontró que gran parte se explicaba por reasignación de recursos entre sectores productivos (Efecto Denison), y aprovechamiento de economías de escala. Los avances en el conocimiento explican solo un 23 % del crecimiento de tendencia.

Cuadro 6. Explicación del ritmo de crecimiento de Estados Unidos (entre 1929 y 1976)

Variable	Efecto en PIB %
Acumulación de Capital Físico	0,47
Aumento de Horas de Trabajo	1,05
Aumento en Educación	0,41
Aumento en Tierra	0,00
Ocupación de Reservas Minerales	0,01
Sub-total Acumulación de Factores	1,94
Avances en conocimiento	0,74
Mejora en asignación de recursos	0,28
Economías de escala	0,27
Aumento de crimen	-0,01
Medio ambiente humano y legal	-0,03
Clima y Factores irregulares	-0,01
Sub-total Residuo de Solow	1,24
Crecimiento PIB de tendencia	3,18
Efectos cíclicos	0,41
Crecimiento PIB efectivo	3,59
menos crecimiento de Población	-1,25
Crecimiento del PIB per cápita	**2,34**

Fuente: Edward Denison (1979)

Si se aplica este análisis a la explicación del crecimiento del PIB de Chile en distintos períodos, se obtiene el cuadro 7. Se utilizaron los crecimientos de tendencia de las variables, que fueron obtenidos al aplicar un filtro de Hodrick y Prescott al logaritmo de las variables originales. Al trabajar con variables de tendencia, se pueden separar los componentes cíclicos.

Cuadro 7. Explicación del ritmo de crecimiento de Chile

Variable	Efecto en PIB 1935-1975 %	1975-2005 %	2005-2020 %
Acumulación de Capital Físico	1,37	2,07	2,27
Aumento de Horas de Trabajo	0,35	0,29	0,22
Aumento en Educación	0,46	1,75	1,23
Aumento en Tierra	0,00	0,00	0,00
Ocupación de Reservas Minerales	0,15	0,17	0,00
Sub-total Acumulación de Factores	2,33	4,28	3,72
Sub-total Residuo de Solow	1,19	0,44	-0,64
Crecimiento PIB de tendencia	3,52	4,72	3,08
Efectos cíclicos	-0,36	0,50	-0,44
Crecimiento PIB efectivo	3,16	5,22	2,64
menos crecimiento de Población	-1,93	-1,52	-1,25
Crecimiento del PIB per cápita	**1,23**	**3,70**	**1,39**

Fuente: Erik Haindl (2021)

En el ejemplo de Chile, se dividió el análisis en tres periodos que siguió estrategias de desarrollo económico distintas. En el periodo 1935-1975, Chile fue una economía cerrada, con fuerte control estatal, que siguió un esquema de sustitución de importaciones. En este periodo, el crecimiento de tendencia fue de 3,52 % anual, y el residuo de Solow explica alrededor del 34 % de este ritmo de crecimiento.

En el periodo 1975-2005, Chile fue una economía abierta, de libre mercado y libre comercio, que siguió un esquema de crecimiento liderado por exportaciones. Su crecimiento de tendencia se aceleró al 4,72 % anual, básicamente por una mayor acumulación de factores. El residuo de Solow explica menos del 10 % de este ritmo de crecimiento.

En el periodo 2005-2020, Chile siguió siendo una economía abierta, pero con un tipo de cambio real más bajo debido a un shock positivo en los términos de intercambio, y con muchas regulaciones estatales. Su ritmo de crecimiento de tendencia se frenó al 3,08 % anual. En este periodo, el residuo de Solow ha sido negativo. Los factores regulatorios y tecnológicos adversos han sido mayores que los positivos.

Este análisis permite entender porque se aceleró la economía en 1975-2005. A partir de 1975, existió un fuerte aumento en el ahorro, gracias a las reformas previsionales y al desarrollo del mercado de capitales. Ello hizo que la acumulación de capital aportara 0,7 puntos porcentuales adicionales al crecimiento. También hubo fuertes reformas educacionales, que impulsaron un aumento en la educación superior. Ello agregó alrededor de 1,3 puntos porcentuales adicionales. El ritmo de crecimiento de la población se desaceleró. Hubo también efectos cíclicos y en el progreso técnico. En definitiva, el PIB per cápita creció al 3,70 % anual contra un 1,23 % de los cuarenta años previos. Ello significó que el PIB per cápita tardó 18,7 años en duplicarse, en lugar de tener que esperar 56,3 años, con el esquema anterior.

El Método de Jorgenson y Griliches

Jorgenson y Griliches (1967) inventaron un método alternativo para medir el progreso técnico.

Partiendo de la identidad:

$$Q = w \cdot L + R \cdot K$$

Tomando logaritmos y derivando con respecto al tiempo:

$$\hat{Q} = \theta_L \cdot \hat{w} + \theta_L \cdot \hat{L} + \theta_K \cdot \hat{R} + \theta_K \cdot \hat{K}$$

Como el progreso técnico se definió como:

$$\hat{A} = \hat{Q} - \theta_K \cdot \hat{K} - \theta_L \cdot \hat{L} = \theta_k \cdot \hat{R} + \theta_L \cdot \hat{w}$$

(Ecuación 5.10)

De acuerdo a la ecuación 5.10, el progreso técnico también puede ser medido como el promedio ponderado de los pagos reales a los factores productivos, siendo la participación funcional en el ingreso geográfico, el factor de ponderación. Esto da una forma alternativa de medir el progreso técnico.

Otra implicación interesante de la ecuación 5.10 es que cuando hay progreso técnico, este se transmite a los factores productivos en términos de un incremento real en sus pagos.

Para medir el progreso técnico, Jorgenson y Griliches (1967), proponen un tercer método que consiste en desagregar tanto el PIB por sectores, como los factores productivos en el mayor detalle posible. Ello les lleva a definir el progreso técnico como:

$$\hat{A} = \sum_{j=1}^{s} \phi_j \cdot \hat{Q}_j - \sum_{i=1}^{p} \theta_i \cdot \hat{X}_i$$ (Ecuación 5.11)

En que los autores proponen desagregar el PIB y los factores productivos tanto como lo permitan los datos. Con ello aseguran reducir el residuo de Solow.

Al tomar el periodo 1945-1965 para la economía de Estados Unidos, Jorgenson y Griliches (1967) encuentran que, al aplicar la metodología propuesta por Solow se tiene:

$\hat{Q} = 3{,}49\%$ y $\theta_K \cdot \hat{K} + \theta_L \cdot \hat{L} = 1{,}83\%$ por lo que $\hat{A} = 1{,}66\%$

Al desagregar el PIB en sectores, los factores productivos en diferentes categorías, y considerar sus tasas de utilización se obtuvo:

$\sum_{j=1}^{s} \phi_j \cdot \hat{Q}_j = 3{,}59\%$ y $\sum_{i=1}^{p} \theta_i \cdot \hat{X}_i = 3{,}47\%$ por lo que $\hat{A} = 0{,}12\%$

La tesis de ellos es que la mayor parte del residuo de Solow proviene de un error en la medición del producto y de los insumos utilizados. Al cambiar la forma de medición logran reducir el residuo de Solow desde un 48 % del crecimiento total a poco más del 3 %. Mediante este tercer método, reducen el rol del progreso técnico, en forma dramática.

Ejercicio de Contabilidad del Crecimiento

“En el caso de Chile, se cuenta con información de que entre el año 1900 y el año 2000, el PIB de tendencia creció 34,66 veces; el stock de capital físico en 38,91 veces; las horas de trabajo físico en 3,30 veces; el stock de capital humano en 38,34 veces; las hectáreas de tierra en 1,19 veces; y la utilización de yacimientos mineros en 26,89 veces. En ese periodo, los pagos al capital físico fueron un 47 % del ingreso geográfico; los pagos al trabajo físico fueron un 22 % del ingreso geográfico; los pagos al capital humano fueron un 18 %; los pagos a la tierra fueron un 8 %; y los pagos a los yacimientos mineros fueron un 5 %. i) Encuentre el aporte de cada

factor productivo al crecimiento del PIB ii) ¿Cuánto del crecimiento de tendencia se explica por acumulación de factores? iii) Obtenga el residuo de Solow. ¿Qué porcentaje del crecimiento de tendencia se explica por progreso técnico y otros factores? iv) Si el PIB efectivo creció 35,78 veces, ¿Cuánto del crecimiento se explica por factores cíclicos?"

Respuesta:

Lo primero es obtener los ritmos de crecimiento anuales promedio, tomando la raíz centésima de los incrementos en un siglo:

$\hat{Q} = 3{,}61\%$ $\hat{K} = 3{,}73\%$ $\hat{L} = 1{,}20\%$ $\hat{H} = 3{,}71\%$ $\hat{T} = 0{,}17\%$ $\hat{M} = 3{,}35\%$

$\theta_K = 0{,}47$ $\theta_L = 0{,}22$ $\theta_H = 0{,}18$ $\theta_T = 0{,}08$ $\theta_M = 0{,}05$

El aporte del capital físico al crecimiento fue de 1,75 % anual:

$\theta_K \cdot \hat{K} = 0{,}47 \cdot 3{,}73\% = 1{,}75\%$

El aporte del trabajo físico al crecimiento fue de 0,26 % anual:

$\theta_L \cdot \hat{L} = 0{,}22 \cdot 1{,}20\% = 0{,}26\%$

El aporte de la educación al crecimiento fue de 0,67 % anual:

$\theta_H \cdot \hat{H} = 0{,}18 \cdot 3{,}71\% = 0{,}67\%$

El aporte de la tierra al crecimiento fue de 0,01 % anual:

$\theta_T \cdot \hat{T} = 0{,}08 \cdot 0{,}17\% = 0{,}01\%$

El aporte de la utilización de yacimientos mineros al crecimiento fue de 0,17 % anual:

$\theta_M \cdot \hat{M} = 0{,}05 \cdot 3{,}35\% = 0{,}17\%$

El aporte de la acumulación de factores, es la suma de todos los componentes anteriores: 2,86 % anual.

El residuo de Solow es igual a la diferencia entre el crecimiento de tendencia y el crecimiento explicado por la acumulación de factores. Ello explica el 21 % del crecimiento de tendencia:

$\hat{A} = 3{,}61\% - 2{,}86\% = 0{,}75\%$

El PIB efectivo creció un 3,64 %. La diferencia de 0,03 % anual son factores cíclicos.

5.2 Sesgos en el Progreso Técnico

Clasificación de Hicks

El premio Nobel de economía, Sir John Hicks (1963) propuso clasificar el progreso técnico de acuerdo a su impacto sobre la distribución de los ingresos, en condiciones de corto plazo, es decir, con un stock de capital dado y con una fuerza laboral también dadas.

El propuso que, en estas condiciones de corto plazo, un progreso técnico se dirá que es neutral a la Hicks si mantiene la distribución funcional del ingreso inalterada.

Para que ello ocurra, el progreso técnico deberá impactar de igual forma la productividad marginal del trabajo y la productividad marginal del capital.

En términos matemáticos, se puede definir un progreso técnico neutral a la Hicks si la relación de productividades marginales no cambia:

$$\left.\frac{PMa_L(t)}{PMa_K(t)}\right|_{L/K} = \left.\frac{PMa_L(0)}{PMa_K(0)}\right|_{L/K}$$ (Ecuación 5.12)

Como las productividades marginales no cambian, si se multiplican por la relación L/K, se obtiene:

$$\frac{PMa_L(t)\cdot L}{PMa_K(t)\cdot K} = \frac{PMa_L(0)\cdot L}{PMa_K(0)\cdot K}$$

En la medida que los factores son remunerados de acuerdo a su productividad marginal, la distribución de ingresos permanece constante.

Si se utiliza la representación del progreso técnico mediante los factores eficaces, se puede demostrar que el progreso técnico neutral a la Hicks requiere que:

$$\hat{A} = \hat{B}$$

Un progreso técnico neutral a la Hicks requiere que todos los factores aumenten su eficacia en forma proporcional.

Si ello no ocurre, se dice que el progreso técnico es segado, en el sentido de que altera la distribución del ingreso en el corto plazo.

Si el progreso técnico favorece al capital y desfavorece al trabajo en términos relativos. Hicks llama a este tipo de progreso técnico "ahorrador de trabajo". Los efectos de corto plazo de un progreso técnico "ahorrador de trabajo" es redistribuir ingreso desde el trabajo hacia el capital.

Por el contrario, si el progreso técnico favorece al trabajo, Hicks llama a este tipo de progreso técnico como "ahorrador de capital". Los efectos de corto plazo de un progreso técnico "ahorrador de capital" es redistribuir ingreso desde el capital hacia el trabajo.

Clasificación de Harrod

Sir Roy Harrod propuso un criterio de clasificación diferente. En lugar de centrarse en las consecuencias de corto plazo del progreso técnico, propuso centrarse en las de largo plazo. Para ello consideró evaluar el impacto del progreso técnico manteniendo la relación capital-producto constante.

Para que la distribución funcional del ingreso no sea alterada como consecuencia del progreso técnico, es necesario que no se afecte la productividad marginal del capital, evaluada

con la misma relación capital-producto.

Matemáticamente, se tiene que un progreso técnico es neutral a la Harrod si mantiene la productividad marginal del capital constante:

$$PMa_K(t)\big|_{K/Q} = PMa_K(0)\big|_{K/Q}$$ (Ecuación 5.13)

Si se multiplica la relación anterior por K/Q se obtiene que la participación del capital en el producto permanece constante.

$$\frac{PMa_K(t)\cdot K}{Q} = \frac{PMa_K(0)\cdot K}{Q}$$

Si el progreso técnico aumenta la productividad marginal del capital, evaluada a la misma relación capital-producto, entonces se redistribuye ingreso desde el trabajo hacia el capital. Harrod llamó a este progreso técnico “ahorrador de trabajo”.

Por otro lado, si el progreso técnico disminuye la productividad marginal del capital, evaluada a la misma relación capital-producto, entonces se redistribuye ingreso desde el capital hacia el trabajo. Harrod llamó a este progreso técnico “ahorrador de capital”.

Es especialmente afortunado medir la productividad marginal del capital, considerando una relación capital-producto constante. Si la economía se encuentra inicialmente en un estado estacionario, y es impactada con un progreso técnico de tipo Harrod neutral, entonces se dirigirá a un nuevo estado estacionario que tendrá la misma relación capital-producto. Como la productividad marginal del capital no ha cambiado, se tendrá la misma distribución de ingresos. El criterio de Harrod se preocupa por los impactos distributivos de largo plazo, y en ese sentido, es una clasificación complementaria a la Hicks, que se centra en los impactos redistributivos de corto plazo.

De la ecuación 5.8 queda claro, que la única forma que esto suceda es que $\hat{A}=0$. De ello se desprende, que en un esquema de aumento de la eficacia de factores:

- El progreso técnico será neutral a la Harrod si $\hat{A}=0$.
- El progreso técnico será “ahorrador de trabajo” a la Harrod si $\hat{A}>0$.
- El progreso técnico será “ahorrador de capital” a la Harrod si $\hat{A}<0$.

Con dos factores productivos, capital y trabajo, un progreso técnico neutral a la Harrod, implica que todo el progreso técnico toma la forma de variaciones en la eficacia del trabajo. La regularidad empírica de Kaldor para Estados Unidos sugiere que el progreso técnico predominante fue del tipo Harrod neutral.

Equivalencia del progreso técnico de Hicks y Harrod

Una pregunta bastante frecuente que surge de este análisis, es si existe algún caso en que ambos criterios coincidan. Es decir, ¿hay algún caso en que un progreso técnico neutral a la Hicks sea al mismo tiempo, neutral a la Harrod?

La respuesta a esto es que solo cuando la elasticidad de sustitución es igual a uno, ambos criterios coinciden. Si la función de producción agregada es de tipo Cobb-Douglas, entonces ambos criterios son indistinguibles.

Conceptualmente, la distribución funcional del ingreso permanece constante en una función de tipo Cobb-Douglas, al crecer la relación capital-trabajo. Si un progreso técnico es de tipo Hicks neutral, no se altera la distribución de ingresos en el corto plazo, y tampoco cambia

cuando se dirija al nuevo estado estacionario.

Matemáticamente, con una función de producción de tipo Cobb-Douglas, se tiene que son absolutamente equivalentes las siguientes expresiones:

$$Q = (A(t) \cdot K)^{\alpha} \cdot (B(t) \cdot L)^{1-\alpha}$$

$$Q = \left[A(t)^{\alpha} \cdot B(t)^{1-\alpha}\right](K)^{\alpha} \cdot (L)^{1-\alpha}$$

Progreso Hicks-neutral

$$Q = (K)^{\alpha} \cdot \left[A(t)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \cdot B(t) \cdot L\right]^{1-\alpha}$$

Progreso Harrod-neutral

Si la elasticidad de sustitución es distinta de uno, los criterios de Hicks y Harrod difieren. Esto significa que, en esos casos, el impacto distributivo de corto plazo es diferente del impacto distributivo de largo plazo.

Medición del sesgo del progreso técnico

Si la función de producción agregada es de tipo CES, es posible medir el impacto separado de la eficacia de los factores productivos, y verificar si el progreso técnico tiene algún sesgo, ya sea en el corto o en el largo plazo.

La función de producción CES es del tipo:

$$Q = \left[(A \cdot K)^{-\rho} + (B \cdot L)^{-\rho}\right]^{\frac{1}{\rho}} \quad \sigma = \frac{1}{1+\rho}$$ (Ecuación 5.14)

David y van der Klundert (1965) sugieren el método, que se explica a continuación, para medir los parámetros A y B.

En primer lugar, un progreso técnico aumentador de trabajo, $\hat{B} > \hat{A}$, es simultáneamente "ahorrador de trabajo", si y solo si, la elasticidad de sustitución es inferior a la unidad. Asimismo, un progreso aumentador de capital, es simultáneamente "ahorrador de capital", si y solo si, la elasticidad de sustitución es inferior a uno.

Derivando la ecuación 5.14 con respecto a K:

$$R = \frac{\partial Q}{\partial K} = A^{-\rho} \cdot \left(\frac{Q}{K}\right)^{1+\rho}$$ (Ecuación 5.15)

Derivando la ecuación 5.14 con respecto a L:

$$w = \frac{\partial Q}{\partial L} = B^{-\rho} \cdot \left(\frac{Q}{L}\right)^{1+\rho}$$ (Ecuación 5.16)

Tomando logaritmo de estas dos ecuaciones, y derivándolas con respecto al tiempo:

$$\hat{R} = -\rho \cdot \hat{A} + (1+\rho) \cdot \left(\frac{\hat{Q}}{K}\right)$$

$$\hat{w} = -\rho \cdot \hat{B} + (1+\rho) \cdot \left(\frac{\hat{Q}}{L}\right)$$

Despejando los parámetros A y B:

$$\hat{A} = \frac{1+\rho}{\rho} \cdot \left(\frac{\hat{Q}}{K}\right) - \frac{1}{\rho} \cdot \hat{R} = \frac{1}{1-\sigma} \cdot \left(\frac{\hat{Q}}{K}\right) - \frac{\sigma}{1-\sigma} \cdot \hat{R}$$ (Ecuación 5.17)

$$\hat{B} = \frac{1}{1-\sigma} \cdot \left(\frac{\hat{Q}}{L}\right) - \frac{\sigma}{1-\sigma} \cdot \hat{w}$$ (Ecuación 5.18)

Teniendo información sobre la evolución de la productividad del factor y de su remuneración real, es posible estimar el cambio en la eficacia del factor. Tan sólo es necesario conocer la elasticidad de sustitución.

Otra expresión útil se obtiene dividiendo la ecuación 5.16 por la 5.15:

$$\left(\frac{w}{R}\right) = \left(\frac{A}{B}\right)^{\rho} \cdot k^{1+\rho}$$

Dividiendo esta expresión por k:

$$\left(\frac{\theta_L}{\theta_K}\right) = \left(\frac{A}{B}\right)^{\rho} \cdot k^{\rho}$$

Despejando k

$$k = \left(\frac{\theta_L}{\theta_K}\right)^{\frac{1}{\rho}} \cdot \left(\frac{B}{A}\right)$$

Suponiendo un progreso técnico de tipo exponencial para A y B:

$A = A_0 \cdot e^{\lambda_K \cdot t}$ y $B = B_0 \cdot e^{\lambda_L \cdot t}$

$$\left(\frac{B}{A}\right) = \left(\frac{B_0}{A_0}\right) \cdot e^{(\lambda_L - \lambda_K)t}$$

Reemplazando en la ecuación anterior y tomando logaritmos:

$$\ln(k) = \frac{\sigma}{1-\sigma} \cdot \ln\left(\frac{\theta_L}{\theta_K}\right) + (\lambda_L - \lambda_K) \cdot t + \ln\left(\frac{B_0}{A_0}\right)$$ (Ecuación 5.19)

La ecuación 5.19 puede ser estimada mediante regresión lineal, para poder estimar tanto la elasticidad de sustitución como el sesgo en el progreso técnico.

Una vez conocida σ, se puede utilizar las ecuaciones 5.17 y 5.18 para estimar los cambios en la eficacia de los factores.

David y van der Klundert (1965) estimaron estas ecuaciones para la economía norteamericana en el periodo 1899-1960. Su mejor estimación fue

$\sigma = 0{,}619$ $\lambda_L = 0{,}019 = 1{,}9\%$ $\lambda_K = 0{,}012 = 1{,}2\%$

Los datos confirman que se trata de una economía con elasticidad de sustitución menor que uno, y que en ese periodo hubo un leve sesgo ahorrador de trabajo. Al dividirlo en sub-periodos, entre 1900 y 1918, existió un claro sesgo de progreso técnico ahorrador de trabajo; entre 1919 y 1945, el progreso técnico fue aproximadamente neutral; y finalmente, entre 1946 y 1960, se observa nuevamente un pequeño sesgo ahorrador de trabajo.

Utilizando esta metodología, se aplicó el análisis a la economía chilena de los últimos 84 años, dividiendo la economía en cuatro sectores productivos:

Del cuadro 8, se observa que, en el caso de la agricultura y pesca, el periodo 1976-2019, de economía libre y abierta, es de un gran progreso técnico en relación al periodo de economía cerrada y con precios agrícolas fijados. Existe un gran sesgo tecnológico ahorrador de trabajo y

tierra, y utilizador de capital en ambos periodos.

En el caso de la minería, se observa un fuerte freno en el progreso técnico entre 1935-1975 y 1976-2019. En el primer periodo, la tecnología era fuertemente ahorradora de trabajo y utilizadora de capital y recursos naturales. En el segundo periodo, la evidencia estadística sugiere una mayor facilidad para sustituir capital y trabajo, pero el progreso técnico se detuvo.

Cuadro 8. Sesgos en el progreso técnico de Chile

Sectores	Elasticidad de sustitución σ	Cambios porcentuales en la Eficacia de: Capital	Trabajo	Cap Humano	Tierra	Yac. Mineros	Progreso Técnico
			Periodo 1935 -1975				
Agricultura y Pesca	0,66	-5,28%	1,82%		1,56%		0,70%
Minería	0,33	0,25%	2,11%			0,23%	0,52%
Industria Manufacturera	0,50	0,91%	5,05%	0,34%			1,00%
Servicios	1,00	1,79%	1,79%	1,79%			1,79%
			Periodo 1976 - 2019				
Agricultura y Pesca	0,66	0,74%	4,45%		3,93%		3,88%
Minería	1,00	-0,03%	-0,03%			-0,03%	-0,03%
Industria Manufacturera	1,00	-1,36%	-1,36%	-1,36%			-1,36%
Servicios	0,54	-1,65%	-0,60%	-0,52%			-0,44%

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la industria manufacturera, se observa un importante progreso técnico en el periodo 1935-1975. Este era el sector más favorecido por las políticas económicas de aquella época. Hay un gran sesgo en el progreso técnico, que es ahorrador de horas de trabajo físico, y utilizador de capital físico y capital humano. Las nuevas tecnologías con que opera la industria manufacturera en el periodo 1976-2019 permiten mucho mayor sustitución de factores, pero experimentan progreso técnico negativo en el periodo.

En el caso de los servicios, estos progresaron muy rápidamente en el periodo 1935-1975. Su progreso técnico alcanzó al 1,79 % anual. La tecnología utilizada permitía una gran sustitución de capital y trabajo. En el periodo 1976-2019, la tecnología de producción de servicios no permite sustituir capital y trabajo fácilmente, se observa un progreso técnico negativo, y esta es ahorradora de trabajo y utilizador de capital.

Ejercicio de Sesgo en el progreso técnico

"Una economía presenta un crecimiento del PIB de 3 % en promedio en los últimos 20 años. Su stock de capital muestra un crecimiento de 2,5 %, y el trabajo un crecimiento de 2 % anual. Los salarios reales han aumentado en 1 % anual. la participación del capital es del 50 % en el ingreso geográfico en promedio, y se estima que la función de producción agregada es del tipo CES con elasticidad de sustitución igual a 0,5. i) Encuentre el residuo de Solow ii) ¿Cuál es la variación de la renta real del capital en el periodo? iii) Calcule la variación de la eficacia del capital y del trabajo iv) ¿Hay algún sesgo en el progreso técnico? v) ¿Cuáles son las repercusiones de este progreso sobre la distribución de ingresos?"

Resolución:

El residuo de Solow (RS) es:

$$RS = \hat{Q} - \theta_K \cdot \hat{K} - \theta_L \cdot \hat{L}$$

$$RS = 3\% - 0{,}5 \cdot 2{,}5\% - 0{,}5 \cdot 2\% = 0{,}75\%$$

De la relación de Jorgenson y Griliches (ecuación 5.10):

$$RS = \theta_K \cdot \hat{R} + \theta_L \cdot \hat{w}$$

$$RS = 0{,}75\% = 0{,}5 \cdot \hat{R} + 0{,}5 \cdot 1\% \;\; \hat{R} = 0{,}5\%$$

De la ecuación 5.17 se tiene:

$$\hat{A} = \frac{1}{1-\sigma} \cdot \left(\frac{\hat{Q}}{K} \right) - \frac{\sigma}{1-\sigma} \cdot \hat{R}$$ con σ = 0,5

$$\left(\frac{\hat{Q}}{K} \right) = \hat{Q} - \hat{K} = 3\% - 2{,}5\% = 0{,}5\%$$

$$\hat{A} = 2 \cdot 0{,}5\% - 0{,}5\% = -0{,}5\%$$

De la ecuación 5.18 se tiene:

$$\hat{B} = \frac{1}{1-\sigma} \cdot \left(\frac{\hat{Q}}{L} \right) - \frac{\sigma}{1-\sigma} \cdot \hat{w}$$

$$\left(\frac{\hat{Q}}{L} \right) = \hat{Q} - \hat{L} = 3\% - 2\% = 1\%$$

$$\hat{B} = 2 \cdot 1\% - 1\% = 1\%$$

$$\hat{B} = 1\% > \hat{A} = -0{,}5\%$$

Como la eficacia del trabajo ha aumentado más rápido que la eficacia del capital, el progreso técnico ha sido ahorrador de trabajo y utilizador de capital.

Como la elasticidad de sustitución es inferior a uno, este progreso ahorrador de trabajo produce un sesgo redistributivo a favor del capital y en contra del trabajo.

5.3 Inversión en I+D

Simon Kuznets sugirió que, por sus consecuencias, existían tres tipos de inventos:

1) Aquellos de gran magnitud, que denominó "breaktrough", que afectan el conocimiento de la naturaleza en forma radical, y generan un gran cambio potencial en la función de producción agregada de la economía. A esta categoría de inventos pertenece la máquina de vapor, el motor de combustión interna, la generación de electricidad, y la invención del computador, entre otros.

2) Aquellos que aprovechan el avance del invento anterior, y lo aplican a diferentes situaciones. En esta segunda categoría, se encuentran inventos tan importantes como el ferrocarril, el barco a vapor, el telar a vapor y las turbinas a vapor, que desarrollan aplicaciones de la máquina de vapor; el automóvil y los aviones, que aprovechan el motor de combustión interna; los alternadores, dinamos, transformadores, ampolletas, y teléfonos, que aprovechan el uso de la electricidad; la internet, programas de software, automatización de la industria, comercio on-line e inteligencia artificial, que utilizan el potencial de computadores en red; y otros ejemplos similares.

3) Aquellos inventos menores, que simplemente perfeccionan, y hacen más eficientes el funcionamiento de los dos anteriores.

Los inventos de gran magnitud son completamente impredecibles, y de rara ocurrencia. Sin embargo, los otros inventos muchas veces surgen de un proceso de invención deliberado, en que se invierten muchos recursos y tiempo, para intentar desarrollarlos. Como decía el gran inventor norteamericano, Thomas Alva Edison: "los inventos tienen un 1 % de inspiración y un 99 % de transpiración".

La actividad de desarrollar nuevos inventos o perfeccionar nuevos procesos productivos, se llama "Inversión en investigación y desarrollo", también llamada "I+D". Esta actividad insume recursos importantes, de los países más avanzados del mundo.

Cuadro 9. Inversión en I+D en el año 2000

País	Investigadores		Inversión en I+D	
	Miles	% del Empleo	M Millones US$	% del PIB
Estados Unidos	1.261	0,90	265	2,7
Japón	648	0,96	98	3,0
Alemania	258	0,64	54	2,5
Francia	172	0,65	33	2,2
Reino Unido	158	0,55	27	1,9
Otros OCDE	871	0,38	128	1,6
Total OCDE	3.368	0,63	605	2,3

Fuente: OCDE, citado en Weil (2006)

David Weil (2006) presenta una tabla muy interesante de la situación de I+D en el año 2000, que se reproduce en el cuadro 9.

Estados Unidos era el líder tecnológico a nivel mundial en el año 2000, y gastaba alrededor

del 2,7 % de su PIB en I+D. Un 0,9 % de los trabajadores estaba empleado en tareas relacionadas a la investigación y desarrollo.

Lo seguían de cerca Japón y Alemania, que gastaban en I+D un 3 % y 2,5 % de sus PIB, respectivamente. Prácticamente todos los países de la OCDE gastaban una proporción importante de su PIB en investigación y desarrollo.

Esta canalización de recursos hacia la creación deliberada de tecnología es un fenómeno relativamente reciente. En el pasado, existen algunos ejemplos de laboratorios privados dedicados a la investigación, como el laboratorio de Thomas Alva Edison en Menlo Park, o los laboratorios Bell, pero eran más bien la excepción que la regla. La mayoría de los inventores trabajaban solos.

Actualmente, la mayor parte de la investigación es llevada a cabo por empresas privadas, y por las universidades. El Estado, a veces subsidia la investigación. En 1997, el 30,5 % de la inversión en I+D fue con financiamiento estatal en Estados Unidos, aunque la mayor parte de ella fue dirigida a aplicaciones militares y no a propósitos productivos. La mayor contribución del Estado al I+D es a través de la protección legal de patentes comerciales.

Un modelo de I+D óptimo

Por simplicidad, se supone una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas. Se considera que la actividad de I+D insume recursos, al realizarla se están utilizando trabajadores y capital, que no pueden utilizarse en el proceso productivo. Sea γ la fracción del PIB que se destina a I+D. Entonces el PIB por trabajador se reduce a:

$$q = (1-\gamma)\cdot f(k) = (1-\gamma)\cdot A \cdot k^{\alpha}$$ (Ecuación 5.20)

Al destinar más recursos a I+D, el país está sacrificando producción. Sin embargo, estos recursos permiten hacer que aumente A en el futuro:

$$\dot{A} = \frac{\gamma}{\mu}\cdot\left(1-\frac{A}{A^*}\right)$$ (Ecuación 5.21)

La ecuación 5.21 indica que el progreso técnico es proporcional al esfuerzo hecho en I+D y también es proporcional a la brecha que existe entre el nivel de la tecnología actual, A, y el nivel de la tecnología potencial, A*, que a su vez fue provocada por los inventos de gran magnitud. El parámetro μ indica el rendimiento que tiene ese esfuerzo para generar progreso técnico. Mientras se desarrolla esa tecnología potencial, se produce un ciclo de avance técnico, que puede durar muchas décadas, y que requiere de inversión para ser llevada a cabo. Cuando A llega a igualarse a A*, el progreso técnico se detiene, no importando cuanto se siga invirtiendo. En el largo plazo, son los inventos de gran magnitud, los que condicionan a A*, y permiten sustentar el progreso técnico.

¿Cuál es la estrategia óptima de inversión en I+D para un país? Para contestar eso se utilizará el modelo de Ramsey:

Se supone un país, que realiza I+D, cuya familia representativa maximiza:

$$Max V = \int_0^{\infty} u(c)\cdot e^{-\rho t}\,dt$$

Sujeto a:

$$c = (1-\gamma)\cdot A\cdot k^{\alpha} - (n+\delta)\cdot k - \dot{k}$$

$$\dot{A} = \frac{\gamma}{\mu} \cdot \left(1 - \frac{A}{A*}\right)$$

$$k(0) = k_0$$

$$A(0) = A_0$$

Reemplazando las restricciones en la función objetivo, el problema queda:

$$Max V = \int_0^\infty u\left[\left(1 - \frac{\mu \cdot \dot{A}}{\left(1 - \frac{A}{A*}\right)}\right) \cdot A \cdot k^\alpha - (n+\delta) \cdot k - \dot{k}\right] \cdot e^{-\rho t} dt$$

Sujeto a:

$$k(0) = k_0$$

$$A(0) = A_0$$

Este es un problema de cálculo de variaciones que tiene dos variables de estado: k y A. Su trayectoria óptima surge de resolver el sistema de ecuaciones de Euler:

$$I = u\left[\left(1 - \frac{\mu \cdot \dot{A}}{\left(1 - \frac{A}{A*}\right)}\right) \cdot A \cdot k^\alpha - (n+\delta) \cdot k - \dot{k}\right] \cdot e^{-\rho t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial k} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial A} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{A}}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial k} = e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c \cdot \left[(1-\gamma) \cdot \alpha \cdot A \cdot k^{\alpha-1} - (n+\delta)\right]$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{k}} = -e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{k}}\right) = \rho \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot u'_c - e^{-\rho \cdot t} \cdot u''_{cc} \cdot \dot{c}$$

Combinando las ecuaciones correspondientes se tiene:

$$\dot{c} = \sigma \cdot c \cdot \left[(1-\gamma) \cdot \alpha \cdot A \cdot k^{\alpha-1} - n - \delta - \rho\right] \quad \text{(Ecuación 5.22)}$$

$$\frac{\partial I}{\partial A} = e^{-\rho t} \cdot u'_c \cdot \left[(1-\gamma) \cdot k^\alpha - \frac{\left(\frac{\mu \cdot \dot{A}}{A*}\right)}{\left(1 - \frac{A}{A*}\right)^2}\right]$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{A}} = -e^{-\rho t} \cdot u'_c \cdot \left(\frac{\mu \cdot A \cdot k^\alpha}{\left(1 - \frac{A}{A*}\right)}\right)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{A}}\right) = \rho \cdot e^{-\rho t} \cdot u'_c \cdot \left(\frac{\mu \cdot A \cdot k^{\alpha}}{1 - \frac{A}{A^*}}\right) - e^{-\rho \cdot t} \cdot u''_{cc} \cdot \dot{c} \cdot \left(\frac{\mu \cdot A \cdot k^{\alpha}}{1 - \frac{A}{A^*}}\right)$$

Combinando las ecuaciones correspondientes se tiene:

$$\dot{c} = \sigma \cdot c \cdot \left[\frac{(1-\gamma)}{\mu} \cdot \left[\frac{1}{A} - \frac{1}{A^*}\right] - \frac{\gamma}{\mu \cdot A \cdot k^{\alpha}} - \rho\right]$$ (Ecuación 5.23)

Igualando las ecuaciones 5.22 y 5.23 y despejando γ

$$\gamma = \frac{\left[\frac{\mu}{A} - \frac{\mu}{A^*} - \alpha \cdot A \cdot k^{\alpha-1} + n + \delta\right]}{\left[\frac{\mu}{A} - \frac{\mu}{A^*} + \frac{k^{-\alpha}}{\mu \cdot A} - \alpha \cdot A \cdot k^{\alpha-1}\right]}$$ (Ecuación 5.24)

La ecuación 5.24 indica que existe una política de inversión en I+D óptima que maximiza el bienestar intertemporal de la sociedad. Esta inversión en I+D, γ, es función del estado de la sociedad, representado por k y A, y por la frontera potencial de conocimiento, A*. Un parámetro importante es la dificultad de generar un avance tecnológico, μ.

En el estado estacionario, la sociedad alcanza la frontera del conocimiento, por lo que no requiere invertir más en I+D:

$$\dot{k} = \dot{c} = \dot{A} = 0 \quad A = A^* \; \gamma = 0$$

Como γ = 0, la economía se equilibra en la Regla de Oro Modificada:

$$f'(k) = n + \delta + \rho$$

Este es el equilibrio de un líder tecnológico.

Un modelo de I+D para un seguidor

Si la economía está tecnológicamente más atrasada que los líderes en lugar de “tener que inventar la pólvora, es mejor copiarla”. La estrategia de copia de la tecnología de los países más avanzados es mucho más barata, que tener que estar inventándola.

En este caso, la ecuación 5.21 cambia a:

$$\dot{A} = \frac{\gamma}{\mu_c} \cdot \left(1 - \frac{A}{A^*}\right)$$

En que $\mu_c << \mu$, y A* pasa a ser el nivel tecnológico que tiene el país líder en ese momento. Como el nivel de dificultad para “copiar” es muchísimo menor que el nivel de dificultad para “inventar”, el mismo esfuerzo en I+D genera un ritmo de avance tecnológico mucho más grande. Esto hace que los países “atrasados” puedan experimentar ritmos de progreso técnico más rápido, que los países avanzados, y consecuentemente tener un crecimiento más elevado en su PIB per cápita.

El resto de las ecuaciones es similar. Llegar al “estado estacionario” para una economía seguidora es acercarse al nivel de tecnología del líder. Cuando ello ocurre, ya no sacan mucho con “copiar”, y la I+D tiene que dirigirse a “inventar” cosas nuevas.

Esto es un poco lo que ocurrió con la economía de Japón. Una buena parte de su desarrollo fue logrado gracias a una copia inteligente de la tecnología de los países occidentales más avanzados. Sin embargo, cuando su nivel tecnológico se llegó a equiparar con el de los países

líderes, se vio forzado a cambiar su estrategia, a una de tener que "inventar" cosas nuevas. Al año 2000, Japón era el país del mundo que más invertía en I+D en proporción de su PIB.

Ejercicio de inversión óptima en I+D

"Un país líder en tecnología desea saber cuál es su nivel de inversión deseado en I+D. Actualmente, la economía está creciendo al 3 % anual, y su residuo de Solow está en 1 %. Sus dirigentes atribuyen todo este residuo al avance en la tecnología. Actualmente están invirtiendo un 1% del PIB en I+D. Su función de producción es de tipo Cobb-Douglas, con parámetro A = 1, y α = 0,5. La población crece al 1% anual. Su relación capital-producto está en k = 1. Su tasa de depreciación está en δ = 0,03. Se estima que la frontera potencial está en A* = 4. i) Calcule el parámetro μ ii) Indique si la actual inversión en I+D es la apropiada".

Resolución:

La función de producción es:

$$q = A \cdot k^{\alpha}$$

El progreso técnico está gobernado por la ecuación 5.21:

$$\dot{A} = A \cdot \hat{A} = \frac{\gamma}{\mu} \cdot \left(1 - \frac{A}{A^*}\right)$$

$$\dot{A} = 0{,}01 * 1 = \frac{0{,}01}{\mu} \cdot \left(1 - \frac{1}{4}\right)$$

$$\mu = 0{,}75$$

La inversión en I+D óptima está dada por la ecuación 5.24:

$$\gamma = \frac{\left[\frac{0{,}75}{1} - \frac{0{,}75}{4} - 0{,}5 \cdot 1 \cdot +0{,}01 + 0{,}03\right]}{\left[\frac{0{,}75}{1} - \frac{0{,}75}{4} + \frac{1}{0{,}75 \cdot 1} - 0{,}5 \cdot 1 \cdot\right]}$$

$$\gamma = 0{,}073 = 7{,}3\%$$

La inversión en I+D óptima es siete veces mayor que la que se está haciendo.

5.4 Las oleadas de Progreso Técnico

Desde la revolución industrial han existido un conjunto de inventos de gran magnitud que han generado verdaderas "oleadas" de progreso técnico a nivel mundial. Las oleadas más significativas han sido las siguientes:

1) Ciclo del Hierro y del Acero. Este ciclo parte con el hierro duro de Abraham Darby en 1706 y termina con los aceros especiales alrededor de 1952. Generó un ciclo de progreso técnico en la industria metal-mecánica de alrededor de 246 años.

- 1706: Hierro Darby de Abraham Darby
- 1851: Módulos de Hierro de Joseph Paxton
- 1854: Ascensor de Eli Otis
- 1856: Fabricación industrial del acero de Henry Bessemer
- 1865: Remachadora de Vapor de William Fairbairn
- 1865: Fabricación de Acero de Siemens-Martin
- 1907: Acero al arco eléctrico de Paul Herault
- 1952: Acero oxigenado de Linz Donawitz

2) Ciclo de la Industria Textil. Este ciclo parte con la naveta volante de John Kay en 1733 y termina con la desmotadora de algodón en 1792. Generó un ciclo de progreso técnico en la industria textil de alrededor de 59 años.

- 1733: Naveta volante de John Kay
- 1764: "Spinning Jenny" de James Heargraves
- 1769: Hiladora Hidráulica de Richard Arkwright
- 1785: Telar a Vapor de Edmund Cartwright
- 1792: Desmotadora de Algodón de Eli Whitney

3) Ciclo del Vapor. Este ciclo parte con la máquina de vapor de James Watt en 1775 y termina con la Turbina a Vapor en 1884. Generó un ciclo de progreso técnico de alrededor de 109 años.

- 1775: Máquina de Vapor de James Watt
- 1803: Barco a Vapor de Robert Fulton
- 1803: Locomotora de Richard Trevithick
- 1826: Ferrocarril de Robert Stephenson
- 1884: Turbina a Vapor de Charles Parsons

4) Ciclo de la Electricidad. Comienza con la invención de la Pila Eléctrica de Alessandro Volta en 1799 y termina con la generación de energía eólica en 1926. Generó un ciclo de progreso técnico que duró 127 años.

- 1799: Pila Eléctrica de Alessandro Volta

- 1821: Motor Eléctrico de Michael Faraday
- 1831: Dinamo de Michael Faraday
- 1834: Auto Eléctrico de Thomas Davenport
- 1834: Refrigerador de Jacob Perkins
- 1837: Telégrafo de cinco hilos de Jacob Brett
- 1838: Tren Eléctrico de Robert Davidson
- 1844: Telégrafo de un hilo de Samuel Morse
- 1845: Horno eléctrico de Michael Faraday
- 1852: Batería recargable de Gastón Planté
- 1866: Generador de Werner von Siemens
- 1868: Calentador Eléctrico de Benjamin Maugham
- 1876: Teléfono de Alexander Graham Bell
- 1877: Fonógrafo de Thomas Alva Edison
- 1879: Ampolleta comercial de Thomas Alva Edison
- 1881: Tranvía Eléctrico de Werner von Siemens
- 1887: Motor de corriente alterna de Nicola Tesla
- 1889: Central Telefónica de Almon Brown
- 1892: Estufa Eléctrica de Rookes Crompton
- 1895: Transmisión inalámbrica de Guglielmo Marconi
- 1900: Primera transmisión de Radio de Reginald Fessenden
- 1901: Aspiradora de Hubert Cecil Booth
- 1906: Lavadora eléctrica de Alva John Fisher
- 1926: Energía eólica de Alexander Betz

5) Ciclo de la Química Orgánica y Remedios. Comienza con la invención del neumático de caucho en 1845 de Robert Thompson y continúa hasta el día de hoy. Lleva un ciclo de 175 años de progreso tecnológico hasta el momento.

- 1845: Neumático de Robert Thompson
- 1874: DDT de Oswald Zeidler
- 1888: Cámara de Película de Fotos de George Eastman
- 1897: Aspirina de Felix Hoffmann
- 1893: Paracetamol de Harmon Northtrop Morse
- 1925: Nanomateriales de Richard Zsigsmondy
- 1928: Penicilina de Alexander Fleming
- 1913: Detergente de Alexander Reychler
- 1933: Nylon de Wallace Hume Carothers
- 1938: Teflón de Roy Plunkett
- 1961: Ibuprofeno de Steward Adams
- 1963: Corfam de Du Pont
- 1970: Herbicidas de Monsanto
- 1976: Plástico Biodegradable de Imperial Chemical Industries
- 1985: Descubrimiento del Fullereno de Krotto, Smalley y Curl

6) Ciclo del Motor de Combustión Interna. Comienza con el motor de combustión interna de Nicolas Otto en 1878 y termina con motores a reacción en 1941. Genera un ciclo de

progreso técnico en la industria y los transportes de alrededor de 63 años.

- 1862: Motor de Gas de Nicolaus Otto
- 1876: Motor de Combustión Interna de Nicolaus Otto
- 1884: Automóvil de Gotfried Daimler
- 1885: Motocicleta de Gotfried Daimler
- 1895: Motor Diesel de Rudolph Diesel
- 1903: Turbina a Gas de Aegidius Elling
- 1903: Avión de William y Orwell Wright
- 1905: Turbocompresor de Alfred Buchi
- 1908: Producción en cadena de un Ford T de Henry Ford
- 1920: Helicóptero de José de la Cierva
- 1941: Avión a reacción de F Whittle

7) Ciclo de la Petroquímica. Comienza con la invención de la parafina o kerosene por Karl Reichenbach en 1830 y termina con la invención del cracking del petróleo en 1912. Generó un ciclo de 82 años de progreso técnico.

- 1830: Parafina de Karl Reichenbach
- 1847: Refinación del petróleo de James Young
- 1853: Primera refinería de petróleo en Pennsylvania
- 1859: Pozo petrolero de Edwin Drake
- 1860: Plástico de John Hyatt
- 1898: Polietileno de Hans von Pechmann
- 1907: Polímero sintético de Leo Baekeland
- 1912: Cracking del Petróleo de William Merriam Burton

8) Ciclo de la Electrónica. Comienza con la invención del tubo electrónico por James Fleming en 1906 y termina con la grabación laser en discos en 1960. Generó un ciclo de progreso técnico de 84 años.

- 1906: Tubo Electrónico de James Fleming
- 1922: Radar de Taylor Young
- 1926: Televisión de James Baird
- 1945: Horno de Microondas de Percy Spencer
- 1946: Panel Solar de Russel Ohl
- 1948: Televisión en color de Guillermo González Camarena
- 1948: Transistor de J Bardeen
- 1953: Videograbadora de RCA
- 1954: Radiotransistor de Regency Electronics
- 1958: Microchip de Texas Instruments
- 1959: Circuito Integrado de Fairchild Semiconductores
- 1960: Laser de Theodore Maiman
- 1962: Satélite de comunicaciones de Bell

- 1962: Televisión vía Satélite de Telstar
- 1965: Máquina de corte laser de Western Electric
- 1990: Grabación Laser en discos de Phillips

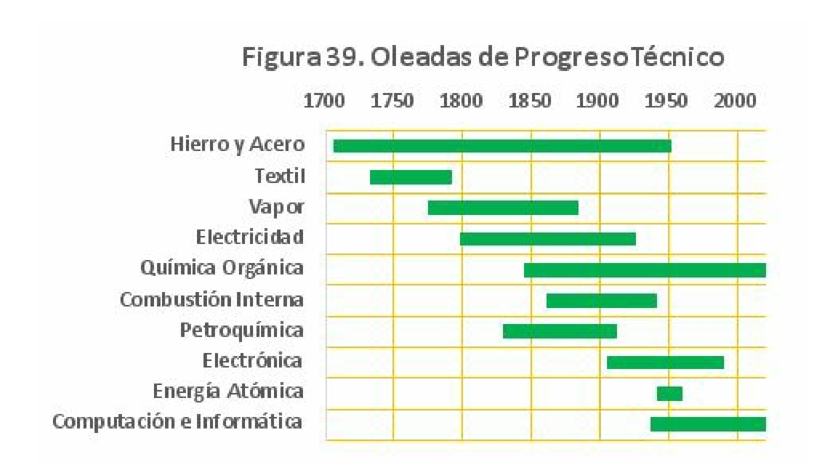
9) Ciclo de la Energía Atómica. Comienza con la invención de la primera reacción nuclear controlada por Enrico Fermi en 1942 y termina con el lanzamiento de la bomba de hidrógeno en 1960. Generó un ciclo de progreso técnico de 18 años.

- 1942: Reactor Nuclear de Enrico Fermi
- 1945: Bomba Atómica de Robert Oppenheimer
- 1954: Primera central nuclear en Obinsk, Unión Sovética
- 1960: Bomba de Hidrógeno de Estados Unidos

10) Ciclo de la Computación e Informática. Comienza con la fabricación de Elektro, el primer robot fabricado por Westinghouse en 1938 y continúa en la actualidad. Ha generado un ciclo de progreso técnico de 82 años hasta el momento.

- 1938: Elektro, el primer Robot de Westinghouse Co.
- 1941: Computadora de Konrad Zuse
- 1943: Máquina de Diálisis de Willem Kolff
- 1948: Brazo robótico industrial de George Devol
- 1958: Tarjetas de Crédito de American Express
- 1960: Electronic Data Interchange
- 1961: Unimate, Robot programable industrial
- 1963: Corazón artificial de Paul Winchell
- 1964: Computadora 360 de IBM (mainframe)
- 1968: Tablet de Alan Kay
- 1971: Microprocesador 4004 de Intel
- 1976: Impresora de inyección de tinta de Hewlett Packard
- 1978: Computadora personal de Steve Jobs
- 1985: Windows de Bill Gates
- 1992: Máquina de impresión 3D de empresa 3D Systems
- 1995: Redes de Computadores en Internet de MIT
- 1996: Aparición del E-Commerce en Internet
- 1999: Primer órgano creado en laboratorio de Instituto Wake Forest
- 2004: Hueso Artificial de Escuela Politécnica de Lausanne
- 2007: IPhone de Steve Jobs
- 2009: Bitcoin de Satoshi Nakamoto
- 2010: Nanobots implantados en ADN de Caltech California
- 2010: Impresión 3D de órganos de Organovo
- 2019: MiR1000 Robot con Inteligencia artificial de Mobile Industrial Robots

En la figura 39 se presenta un diagrama temporal de la influencia de los diez ciclos de progreso técnico, descritos anteriormente:



Llama la atención que hay periodos en los que se superpusieron muchos avances técnicos, lo que se reflejó en un gran ritmo de avance tecnológico en distintos frentes, y otros periodos en los cuales, el avance tecnológico se ha ralentizado. Sin embargo, desde la Revolución Industrial en adelante, el progreso técnico no se ha detenido. En cierta forma, todavía el mundo está aprovechando los avances que surgieron a partir de la Revolución Industrial.

En la actualidad, hay dos ciclos tecnológicos que están dominando el avance técnico: la computación e informática, con sus avances en la inteligencia artificial y sus aplicaciones a la medicina; y la química orgánica, con sus aplicaciones en nanotecnología.

Capacidad empresarial y Creación Destructiva

El economista Joseph Schumpeter dio a la capacidad empresarial un rol central en el proceso de desarrollo económico. Según Schumpeter, el empresario combina los factores productivos, y arriesga su capital con la esperanza de hacer alguna utilidad económica. Cuando vislumbra la oportunidad de aprovechar algún avance tecnológico, el empresario se convierte en el agente central del progreso técnico de las economías.

Sin embargo, normalmente un nuevo avance tecnológico, como la invención de la ampolleta y el uso de la electricidad, por ejemplo, desplaza a otros productores que estaban satisfaciendo la misma necesidad. En este caso, los fabricantes de velas y la industria del alumbrado a gas. Junto con la creación de nuevas riquezas, con capital especializado en la nueva tecnología, se destruye capital antiguo, y muchas veces desaparecen industrias completas, que son desplazadas por los nuevos inventos.

Las nuevas industrias desplazan la función de producción agregada, al crear nuevos productos y procesos productivos, y posibilita la creación de nueva riqueza. Al mismo tiempo, otras industrias son desplazadas, muchas veces van a la quiebra, y su stock de capital se transforma en inservible.

Esto da dos caras al proceso de innovación tecnológica: una cara de creación de valor de provisión de nuevos bienes, que mejoran el standard de vida de la población; y otra cara de destrucción de antiguos procesos productivos, y antiguos bienes que son desplazados. Schumpeter da el nombre de “creación destructiva” a este proceso.

Se acuerdo a Schumpeter, la innovación tecnológica deja como ganadores a empresarios exitosos innovadores, y como perdedores a las empresas asociadas a procesos desplazados, que son destruidos por el avance técnico. Cuando se celebra la introducción exitosa de una nueva tecnología, muchas veces no se mencionan los trastornos negativos que causan a trabajadores y

empresas existentes.

La historia está llena de ejemplos de personas afectadas negativamente por el progreso técnico, y que han luchado contra él. Es el caso del movimiento de los luditas ingleses, un grupo de trabajadores textiles, que destrozaron entre 1811 y 1816, los telares que los estaban dejando sin trabajo.

Ciclos tecnológicos y Ciclos de Kondratieff

Joseph Schumpeter vinculaba los ciclos de "creación destructiva" a las grandes oscilaciones en la actividad económica mundial. Se basó en el trabajo del estadístico ruso Nicolás Kondratieff, que encontró grandes ciclos económicos de un periodo entre 40 y 60 años, que siempre terminaban en una gran crisis. Schumpeter asociaba estas crisis a periodos de gran innovación tecnológica, y por lo tanto de gran "creación destructiva".

Los ciclos largos llevan consigo cambios sociales y también cambios en los estados de ánimo del público. La primera etapa es de expansión y crecimiento, una "primavera" en que la acumulación de capital y la innovación están presentes, que conducen a una redefinición del trabajo y de los actores sociales. La bolsa de comercio tiene una tendencia creciente en el periodo. Luego sigue un "verano" que se caracteriza por aceleración del crecimiento y alta inflación. Aquí viene el punto de inflexión. Después sigue un "otoño", con desaceleración y estancamiento, la inflación disminuye, y se producen "burbujas" en los activos. Finalmente sigue la crisis y el "invierno" de la depresión severa. Se producen grandes conflictos y movimientos sociales.

Estos ciclos largos identificados fueron los siguientes:

1) <u>Primer Kondratieff 1790 a 1849</u>: Tiene un punto de inflexión, en el año 1837. Parte con la gran recesión que coincide con la Revolución Francesa, comprende las guerras napoleónicas de 1800 a 1815, y el punto de inflexión es el pánico de 1837, que provocó una recesión entre 1837 y 1841. Desde un punto de vista tecnológico comprende los grandes avances en la tecnología del vapor, del hierro y del acero, de la construcción de ferrocarriles y los comienzos de la electricidad. Termina con las revoluciones de 1848 y 1849 en Europa. Entre 1845 y 1849, se generó la crisis de la papa y una gran hambruna que dejó millones de muertos en Irlanda. En 1847 hubo una crisis del comercio y de la industria en Inglaterra, con la quiebra de los grandes comerciantes de productos coloniales. En Francia, a una crisis triguera y textil, se agregó una crisis metalúrgica, que botó el PIB en un 30 %.

2) <u>Segundo Kondratieff 1850 a 1895</u>: Tiene un punto de inflexión en 1873. Parte con la recesión anterior, comprende la gran expansión colonial europea al Asia y África, la guerra franco –prusiana, la unificación de Italia y Alemania, y el punto de inflexión es el comienzo de la larga depresión de 1873 a 1879. Desde el punto de vista tecnológico comprende los avances en hierro y acero, electricidad, y los comienzos de la industria petroquímica y del motor de combustión interna. Termina con las crisis financieras en Inglaterra y Estados Unidos y los pánicos bursátiles. El PIB en USA cayó casi un -10 % entre 1893 y 1895.

3) <u>Tercer Kondratieff 1896 a 1930</u>: Tiene un punto de inflexión en 1913. Parte con la recesión de 1895, comprende la primera guerra mundial, y la postguerra. Su punto de inflexión es la recesión de 1913. Desde un punto de vista tecnológico comprende los

grandes avances en el motor de combustión interna, la industria petroquímica, la electricidad, y la química orgánica. Termina con la gran depresión de 1930, que en USA provocó una caída del PIB de -29,5 % entre 1929 y 1933.

4) Cuarto Kondratieff 1931 a 1975: Tiene un punto de inflexión en 1947. Parte con la recesión de 1930, comprende la segunda guerra mundial y la postguerra. Su punto de inflexión es 1947, con la crisis de postguerra. Desde un punto de vista tecnológico, comprende los avances en química orgánica y en electrónica. Termina con la crisis del petróleo que provocó una caída del PIB de -3 % en USA en 1975.

5) Quinto Kondratieff 1976 a 2020: Tiene un punto de inflexión en 2009. Comienza con la crisis del petróleo de 1975, y comprende la caída del bloque soviético, las transformaciones de China, y la globalización del comercio. Su punto de inflexión es la crisis sub-prime de 2009. Desde un punto de vista tecnológico este periodo comprende grandes avances en computación e informática. Termina con la crisis del COVID-19 a nivel mundial.

Referencias del Capítulo

- Paul David and Theodore van der Klundert, "Biased Efficiency growth and Capital-Labor Substitution in the US: 1899-1960", 1965, American Economic Review.
- Edward Denison, "Accounting for slower Economic Growth: the United States in the 1970s",1979, Brookings Institution.
- Erik Haindl, "Chile y su Desarrollo Económico en el Siglo XX", 2021, Editorial Amazon.
- John Hicks, "The Theory of Wages", 1963, McMillan, London.
- Dale Jorgenson y Zvi Griliches, "The explanation of Productivity Change", 1967, Review of Economic Studies.
- Robert Solow, "Technical Change and the Aggregate Production Function", 1957, Review of Economic Studies.
- David Weil, "Crecimiento Económico", 2006, Pearson Educación.

CAPITULO 6. TRABAJO Y CAPITAL HUMANO

En los capítulos anteriores, la teoría sobre la que se sustentó el crecimiento del trabajo, es que crecía a un ritmo n constante. Ello no ocurre así en un proceso de desarrollo, como se verá a continuación. De hecho, lo normal es que, con el desarrollo, primero se acelere el ritmo de crecimiento de la población, para llegar a un nivel máximo, y luego se frene.

6.1 Natalidad, Mortalidad y Migración

Se definen las siguientes variables demográficas:

- Tasa de natalidad (Nacimientos/Población) = b
- Tasa de mortalidad (Muertes/Población) = d
- Tasa de migración neta ((Inmigración-Emigración)/Población) = m
- Tasa de crecimiento observado = n = b – d + m
- Esperanza de vida al nacer (años) = E
- Tasa total de Fertilidad = TFR = número de hijos que tendría una mujer si viviera durante toda la vida fértil y experimentara las tasas netas de reproducción de cada periodo.
- Tasa neta de Reproducción = TNR = número de hijas por mujer. Para que la población crezca, se requiere que TNR > 1.

El ritmo de crecimiento de la población, n, es la resultante de tres procesos distintos:

1) El comportamiento de la tasa de natalidad, b. La evidencia empírica sugiere que al principio del proceso de desarrollo la tasa de natalidad tiende a permanecer constante, pero luego empieza a disminuir. Ello refleja un menor número de hijos por familia (disminución en TFR).

2) El comportamiento de la tasa de mortalidad, d. La evidencia sugiere que hay una reducción en la tasa de mortalidad, como producto de la mejor alimentación, y del progreso en la medicina.

3) El comportamiento de la tasa de migración neta, m. Los países que se desarrollan primero, tienden a atraer personas de otros países. Los países más atrasados tienden a tener emigración.

La esperanza de vida al nacer, E, está inversamente correlacionado con la tasa de mortalidad, y crece en forma significativa con el desarrollo económico, como se observa en el cuadro 10. En los casos de Estados Unidos e Inglaterra, la esperanza de vida se duplicó con el desarrollo económico. Casi todos los países tienden a seguir este patrón.

Cuadro 10. Esperanza de vida al nacer

País	1800	1850	1900	1950	2000
Estados Unidos		41	51	70	76
Inglaterra	38	40	49	70	76
Francia	34	40	48	68	78
Suecia	38	43	55	71	79
Japón			38	55	80
Chile			30	50	78
Egipto				42	62
India		24	23	40	62

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la tasa total de fertilidad, TFR, se observa una reducción sistemática de ésta, como se ve en el cuadro 11.

Cuadro 11. Tasa total de Fertilidad

País	1800	1850	1900	1950	2000
Estados Unidos		5,5	3,7	2,5	2,0
Inglaterra	5,0	4,8	3,6	2,4	1,7
Suecia	4,5	4,4	4,0	2,4	1,6
India				5,9	3,5
Nigeria				6,9	5,9

Fuente: Naciones Unidas

6.2 El Modelo Malthusiano

En su ensayo sobre la población mundial, Thomas Robert Malthus (1798) construyó un modelo demográfico basado en lo siguiente:

1) La población humana depende de la cantidad de alimentos disponible.

2) El crecimiento de la población depende de las condiciones salariales de los trabajadores.

3) Si no hay ninguna limitante, la población humana tiende a duplicarse cada 25 años.

4) Desequilibrios entre la cantidad de población y los alimentos disponibles se ajustan mediante vicio y miseria.

Demostró que, en último término, no es sostenible un crecimiento sostenido y sin límite de la población.

Escribe Malthus (1798): "Si una persona se toma la molestia de hacer cálculos, verá que si puede conseguir, sin limitación alguna, los alimentos necesarios para la vida y el número de personas se duplicase cada 25 años, la población que para el día de hoy habría podido reproducirse de una sola pareja humana a partir de la Era Cristiana, habría bastado no sólo para llenar de habitantes la tierra, a cuatro personas por metro cuadrado, sino incluso para llenar todos los planetas de nuestro sistema solar en esa misma proporción, y no sólo los de nuestro sistema solar, sino todos los planetas que giran alrededor de las estrellas y que son visibles a simple vista, dando por supuesto que cada una de esas estrellas tenga tantos planetas como los tiene nuestro sol".

Para que las personas se dupliquen cada 25 años, era necesario que cada familia constara en promedio de 6 personas (4 hijos y 2 padres). Esto implica una TFR de 4. Analizando el caso de Norteamérica, se señaló que la población de ese continente se había duplicado cada 25 años en el último siglo y medio, cuando Malthus escribió su libro.

Malthus oponía ese hecho de la multiplicación de la especie humana en forma geométrica que las tierras no pueden multiplicarse. La proporción de progreso que puede lograrse en el cultivo de los alimentos (pensaba Malthus) es necesariamente más lento. Esta divergencia, hace que la mayor parte del género humano esté sometido necesariamente a alguna forma de miseria.

De ahí que en los pueblos primitivos existiesen costumbres como el infanticidio, y de ahí las guerras, las enfermedades y sobre todo la pobreza.

El hambre, escribe Malthus parece ser el último y más temible recurso de la naturaleza. La capacidad de crecimiento de la población supera de tal modo la capacidad de la tierra para darnos alimento que es forzoso que la humanidad esté expuesta a la muerte prematura.

Si en esta guerra de exterminio fracasan los vicios, las enfermedades, las pestes y las guerras, entonces vienen las hambrunas que de un solo y temible golpe igualan los niveles de población y

de alimentos en el mundo.

Un modelo matemático, donde se expresan las ideas de Malthus es el siguiente:

Se considera una economía agraria, con función de producción de tipo Cobb-Douglas, con factores tierra, T, y trabajo, L, sujeto a retornos constantes a escala.

$$Q = A \cdot (T)^{\alpha} \cdot (L)^{1-\alpha}$$ (Ecuación 6.1)

La productividad media del trabajo disminuye a medida que aumenta la población, ya que enfrenta productividad marginal decreciente.

$$q = \frac{Q}{L} = A \cdot (T)^{\alpha} \cdot (L)^{-\alpha}$$ (Ecuación 6.2)

Se supone que el ritmo de crecimiento de la población depende del nivel de la productividad media, q.

$\hat{L} = n(q)$ donde $n'(q) > 0$

El ritmo de crecimiento de la población tiene una cota máxima: n_{max} ("Se duplica cada 25 años") y una cota inferior negativa n_{min}, que permite que la población retroceda cuando el nivel de productividad media no alcanza el nivel de subsistencia, q*.

Una forma funcional simple, que cumple con las características anteriores es:

$$n(q) = a - b \cdot e^{-c \cdot q}$$ (Ecuación 6.3)

Los parámetros de esta función se determinan por:

$$lím_{q \to \infty} n(q) = a = n_{\max}$$

Existe un nivel de producto por trabajador, q*, en el cual el ritmo de crecimiento de la población es cero.

$$n(q^*) = 0 = a - b \cdot e^{-c \cdot q^*}$$

$$q^* = \frac{1}{c} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Conociendo n_{max}, n_{min}, y q*, se pueden calcular los parámetros, a, b, y c.

Combinando las ecuaciones 6.2 y 6.3 se tiene:

$$\hat{L} = n\left(A \cdot (T)^{\alpha} \cdot (L)^{-\alpha}\right) \text{(Ecuación 6.4)}$$

Esto da una ecuación diferencial, que marca la evolución de la población.

Si A es constante, esta ecuación conduce a un estado estacionario con una población constante, L*. En dicho estado estacionario el producto medio por trabajador es el nivel de subsistencia, q*.

$$q^* = A \cdot (T)^{\alpha} \cdot (L^*)^{-\alpha}$$

$$L^* = \left(\frac{A \cdot T^{\alpha}}{q^*}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \text{ (Ecuación 6.5)}$$

La población se estabilizará en L* en forma independiente de la población inicial.

En este modelo Malthusiano, es el parámetro de progreso en la producción de alimentos, A, el que marca la evolución de la población.

¿Qué ocurre si un invento permite aumentar A? Ello ocurre cuando un avance técnico permite incrementar la producción de alimentos, con la misma cantidad de tierra.

Supongamos que inicialmente, la economía está en estado estacionario: L_1=L*, n=0 y q_1=q*.

Al incrementarse A, desde un nivel A1 a un nivel A2, se incrementa el producto por trabajador, esto a su vez incrementa la tasa de natalidad, que pasa a ser positiva. Ello hace crecer la población y los trabajadores. A medida que crece la población, va cayendo la productividad media del trabajo. Al final, la productividad media del trabajo retorna al nivel de subsistencia, q*.

Mediante la ecuación 6.5 se puede analizar la evolución de la población:

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right) = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

El incremento de A por una vez, da origen a un ciclo Malthusiano, que incrementa temporalmente la productividad media de los trabajadores. En el largo plazo, la productividad media retorna al nivel de subsistencia, y solo aumenta la población y consecuentemente, la cantidad de trabajadores.

¿Qué ocurre si se produce un incremento sostenido en el progreso técnico?

En este caso $\hat{A} = g > 0$

Ello produce un producto por trabajador más alto que el nivel de subsistencia.

Tomando logaritmo de la ecuación 6.2 y derivándolo con respecto al tiempo, considerando que la tierra permanece constante:

$$\hat{q} = \hat{A} - \alpha \cdot \hat{L}$$

Introduciendo la ecuación 6.3

$$\hat{L} = n(q)$$

La población crece en forma constante en este nuevo equilibrio:

$$\hat{q} = 0 = \hat{A} - \alpha \cdot n$$

$$n = \frac{\hat{A}}{\alpha} = \frac{g}{\alpha}$$ (Ecuación 6.6)

Este ritmo de crecimiento de la población, determina a su vez el nivel del producto por trabajador consistente con el nuevo equilibrio:

$$n(q) = \frac{g}{\alpha}$$

$$a - b \cdot e^{-c \cdot q} = \frac{g}{\alpha}$$

$$q = \frac{1}{c} \cdot \ln\left(\frac{b}{a - \frac{g}{\alpha}}\right) > q^*$$

(Ecuación 6.7)

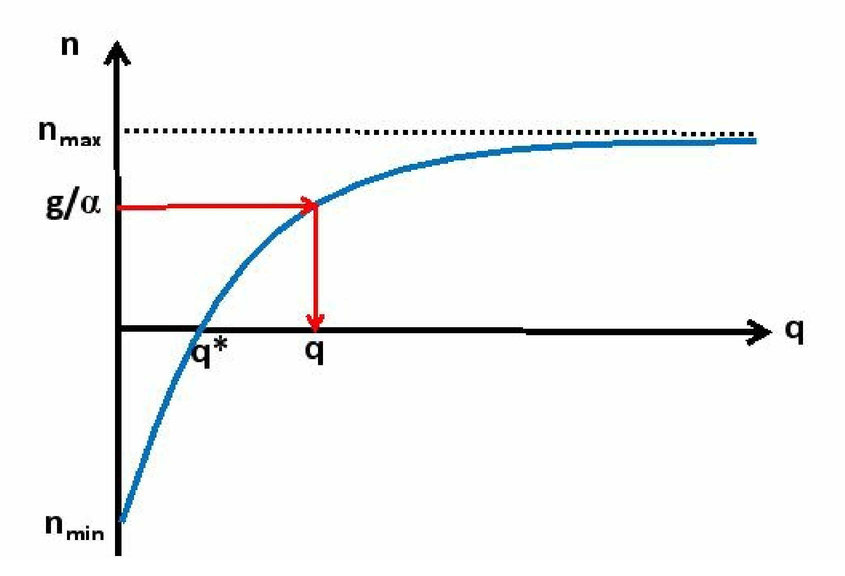


Figura 40. Estado estacionario con progreso técnico

En la figura 40 se muestra gráficamente este equilibrio Malthusiano, con progreso técnico indefinido.

Respecto de la pertinencia, de este modelo, en base a los antecedentes presentados en Clark (2007), se ve que el modelo Malthusiano es una buena representación de la realidad del mundo antes de la Revolución Industrial (Ver figura 41).
Se observan cinco ciclos Malthusianos a nivel mundial en los primeros 1800 años de la era Cristiana. El primer ciclo, generó una crisis Malthusiana a mediados del siglo I y demoró 2 siglos en recuperarse. El segundo ciclo, generó una crisis a mediados del siglo IV, que coincide con la crisis general del Imperio Romano, la caída de la dinastía Chin occidental en China, y los tiempos revueltos en India. Este demoró 250 años en recuperarse. El tercer ciclo, generó una crisis hacia fines del siglo VIII, que coincide con las guerras de Carlomagno en Europa, y la guerra civil que significó la caída del Califato Abásida, que gobernaba desde España hasta la India. Este demoró 225 años en recuperarse. El cuarto ciclo, generó una crisis a mediados del siglo XIV, que coincide con la guerra de los cien años y la peste negra en Europa, la caída del imperio de Ilkhanes mongoles en Persia, la insurrección y caída de la dinastía Yuan en China, las invasiones mongolas a Siria, y las invasiones musulmanas a la India. Este demoró doscientos cincuenta años en recuperarse. El quinto ciclo partió hacia el año 1600 y se dirigía hacia una nueva crisis Malthusiana, que fue evitada gracias a la Revolución Industrial. La línea roja del gráfico representa el producto por trabajador promedio en esos 1800 años.

Figura 41. Producto por trabajador a nivel mundial

Ejercicio de Modelo Malthusiano

"El Profesor Angus Maddison reporta que entre el año 500 al 1500, que él denomina Agrariarismo, la población mundial creció al 0,1 % anual, y el PIB per cápita creció 0. Por otro lado, entre el año 1500 y el año 1700, que él denomina Agrarianismo avanzado, la población mundial creció 0,2 % anual y el PIB per cápita creció 0,1 %. Considere que la función de producción agregada se puede aproximar por una función Cobb-Douglas con parámetro α = 0,5. i) ¿Qué puede Ud. deducir del progreso técnico de esos dos periodos?" ii) ¿Puede deducir algo respecto de los parámetros a, b, y c?

Respuesta:

En el primer periodo no hubo crecimiento del PIB per cápita (que se puede suponer proporcional al PIB por trabajador). Esto significa que, en esos mil años, el progreso técnico ocurrió en la forma de "epsisodios de por una vez", dando tiempo para que cayera el PIB por trabajador de vuelta a su nivel de subsistencia, q*.

En este caso, todo el progreso técnico se fue a crecimiento de la población (que se puede suponer proporcional a L). Se puede usar la ecuación 6.5 para evaluar esta situación:

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right) = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$L_2 = (1{,}001)^{1000} \cdot L_1 = 2{,}717 \cdot L_1$$

$$\left(\frac{A_2}{A_1}\right) = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{\alpha} = (2{,}717)^{0{,}5} = 1{,}648$$

El progreso técnico mundial implicó aumentar los conocimientos (y la producción de alimentos) en un 64,8 % en esos mil años, lo que significa un progreso de 5,1 % por cada siglo. Este progreso ocurrió en "saltos de por una vez", y dio tiempo para que la dinámica demográfica devolviera el ingreso a su nivel de subsistencia.

En el segundo periodo, hay un incremento en el PIB per cápita. De ello se deduce que entre el año 1500 y el año 1700, el ritmo de progreso técnico fue más continuo. De la ecuación 6.6

$$n = \frac{\hat{A}}{\alpha} = \frac{g}{\alpha}$$

$$0{,}002 = \frac{\hat{A}}{\alpha} = \frac{g}{0{,}5}$$

$$g = 0{,}004 = 0{,}4\%$$

El ritmo de progreso técnico en esos 200 años fue del orden de 0,4 % anual. Ello implicó aumentar los conocimientos en 2,22 veces, o lo que es lo mismo un 49 % por cada siglo. Está claro que el ritmo de progreso técnico fue sustancialmente superior en esos 200 años, que en los mil años previos.

En relación al otro dato que se entrega, se puede inferir que, en 1500 el PIB por trabajador estaba aproximadamente en niveles de subsistencia, q*. El PIB por trabajador en 1700 era:

$$q_1 = (1{,}001)^{200} \cdot q^* = 1{,}221 \cdot q^*$$

El PIB por trabajador promedio del periodo 1500 a 1700 era aproximadamente de

$$\overline{q} = 1{,}11 \cdot q^*$$

$$n(\overline{q}) = a - b \cdot e^{-c \cdot \overline{q}} = 0{,}002$$

De la ecuación 6.7

$$q^* = \frac{1}{c} \cdot \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Por otro lado

$a = n_{\max} = 0{,}0281$ ("Se duplica cada 25 años")

Combinando estas tres ecuaciones se pueden deducir los siguientes parámetros:

$$n(q) = a - b \cdot e^{-c \cdot q}$$

$a = 0{,}0281$ $b = 2294$ $c \cdot q^* = 11{,}31$

6.3 Modelo de Transición Demográfica

El modelo de Transición Demográfica fue desarrollado por el demógrafo norteamericano Warren Thompson (1929) en base al comportamiento empírico de la población en Inglaterra, Estados Unidos y Europa.

De acuerdo a este modelo, con el desarrollo económico se produce un descenso en la tasa de mortalidad, lo que da origen a una explosión demográfica. Con la misma tasa de natalidad, y menor tasa de mortalidad, el número de hijos promedio por familia aumenta en forma continua. Esta es la segunda fase de la transición. Durante esta fase, la economía pareciera que se dirige a una “bomba” Malthusiana.

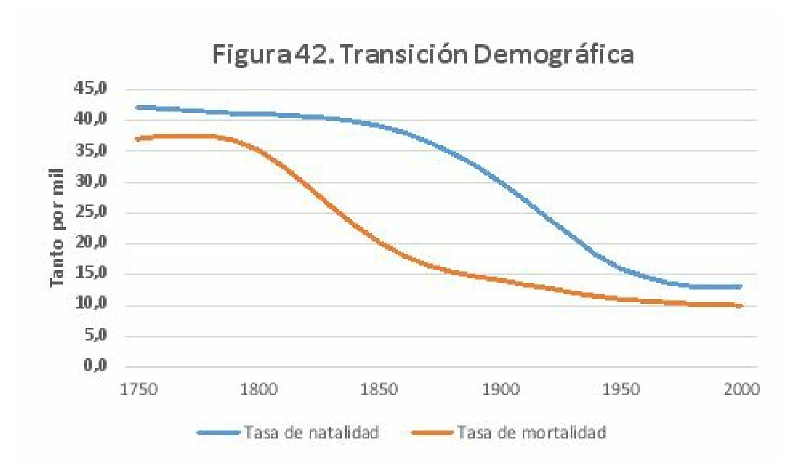
Sin embargo, esto ocurre solo durante una transición (de ahí el nombre del modelo). Eventualmente, las familias reaccionan y reducen su tasa de natalidad. La tasa de natalidad disminuye más rápido que la tasa de mortalidad, lo cual hace que disminuya el ritmo de crecimiento de la población, y se desarticula la “bomba” Malthusiana. Esta es la tercera fase de la transición.

Al final del proceso, la baja en la tasa de natalidad es tan grande como el descenso en la tasa de mortalidad, por lo que el ritmo de crecimiento de la población es igual que al inicio de la transición.

En el cuadro 12 se presentan los datos de natalidad y mortalidad de Inglaterra. Se observa que completó la transición demográfica en 200 años.

Cuadro 12. Tasa de Natalidad y Mortalidad en Inglaterra (tanto por mil)

	Tasa de natalidad b	Tasa de mortalidad d	Tasa de Crecimiento n
1750	37,0	32,0	5,0
1800	36,6	27,2	9,3
1850	33,0	22,0	11,0
1900	24,7	16,3	8,4
1950	16,0	12,0	4,0
2000	10,8	10,2	0,6



En la figura 42 se presenta gráficamente el modelo de Thompson. En su teoría el distingue las siguientes fases:

1) **<u>Fase 1. Antiguo Régimen</u>**. Este corresponde a las características demográficas de las economías agrícolas. La tasa de natalidad y la tasa de mortalidad son altas, y tienden a permanecer constantes. La tasa de natalidad es baja. El crecimiento de la población es bajo o inexistente. Todos los países del mundo estaban en esta fase antes de 1800. Actualmente, ya casi no quedan países en esta fase.

2) **<u>Fase 2. Comienzo de la Transición</u>**. En esta fase, comienza a disminuir sistemáticamente la tasa de mortalidad mientras la tasa de natalidad permanece constante. La tasa de incremento de la población va creciendo sistemáticamente, lo que produce una explosión demográfica. Al fin de esta fase, se observa la tasa máxima de crecimiento de la población. Todos los países que se desarrollaron pasaron por esta fase. En el caso de Chile, esta fase se dio entre 1920 y 1962. Actualmente hay algunos países africanos en esta fase como Niger, Mali, Uganda y Somalía.

3) **<u>Fase 3. Fin de la Transición.</u>** En esta fase, junto con el descenso en la tasa de mortalidad, comienza a descender la tasa de natalidad. El descenso en la tasa de natalidad es más rápido que en la tasa de mortalidad, lo que genera un freno en el ritmo de crecimiento de la población. Se desarticula "la explosión demográfica". Todos los países que se desarrollaron pasaron por esta fase. Algunos países que se encuentran en esta fase son India, Filipinas, Cambodia, y casi todos los de América Latina.

4) **<u>Fase 4. Régimen moderno</u>**. En esta fase se tienden a estabilizar la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad en niveles bajos. La tasa de crecimiento de la población tiende a ser muy baja o cercana a cero, lo que tiende a generar poblaciones relativamente constantes. Thompson pensaba que esta era la situación de equilibrio de un país desarrollado. Países que se encuentran actualmente en esta fase son Inglaterra, España, Suecia, Noruega y Japón.

5) **<u>Fase 5. Población declinante</u>**. Esta fase no existía en el modelo de Thompson, pero demógrafos modernos la han agregado. Esta fase se caracteriza por tener una tasa de natalidad que es inferior a la tasa de mortalidad. Esto genera un ritmo negativo de crecimiento de la población. Los países que se encuentran en esta etapa tienen poblaciones declinantes. Algunos países que se encuentran en esta fase son Alemania, Austria, Italia, Eslovenia y Lituania.

6.4 Modelo Neomalthusiano de Becker

Si bien el modelo de Transición Demográfica de Thompson describe bastante bien la evolución demográfica de los países que se desarrollaron, no existía una explicación teórica conceptual acerca de cuáles son las fuerzas que llevan a los países a seguir esta trayectoria.

El primer modelo que se desarrolló en estas líneas es el modelo Neomalthusiano de Gary Becker. El premio Nobel de economía, Gary Becker (1973) desarrolló un modelo en que las familias maximizan su nivel de satisfacción sujeto a su restricción de ingresos. El supone que la utilidad de la familia depende tanto de la cantidad de hijos (n) como de la calidad de éstos (q), midiendo la calidad, por la inversión en espacio, juguetes, viajes, y educación, que se realiza en ellos. Si z denota el resto de los bienes consumidos por la familia, se tiene el siguiente problema de maximización:

$$Max U = U(n, q, z)$$ (Ecuación 6.8)

Sujeto a:

$$Y = p_n \cdot n + p_q \cdot q + \pi \cdot n \cdot q + p_z \cdot z$$

La restricción presupuestaria de las familias es no lineal, reflejando los costos que son proporcionales a la cantidad y calidad de los hijos:

Si se plantea el Lagrangiano de este problema y se optimiza con respecto a n, q, z y λ:

$$L = U(n, q, z) + \lambda \cdot [Y - p_n \cdot n - p_q \cdot q - \pi \cdot n \cdot q - p_z \cdot z]$$

$$\frac{\partial L}{\partial n} = U'_n - \lambda \cdot (p_n + \pi \cdot q) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q} = U'_q - \lambda \cdot (p_q + \pi \cdot n) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial z} = U'_z - \lambda \cdot p_z = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = Y - p_n \cdot n - p_q \cdot q - \pi \cdot n \cdot q - p_z \cdot z = 0$$

De las dos primeras condiciones se tiene que:

$$TMS_{n,q} = \frac{U'_q}{U'_n} = \frac{p_q + \pi \cdot n}{p_n + \pi \cdot q}$$

La tasa marginal de sustitución entre calidad de hijos y cantidad de hijos, depende de la relación entre los “precios sombra” de la calidad y de la cantidad. El “precio sombra” de la calidad depende del número de hijos que la familia tenga. En otras palabras, si una familia decide dar educación superior a todos sus hijos, ello le saldrá más caro, mientras más hijos tenga. Por otro lado, el “precio sombra” de la cantidad dependerá de la calidad que esté entregando a cada uno de ellos. Otro hijo más, será más costoso, mientras mayor sea la calidad que se le está entregando a los anteriores.

Al resolver este problema, surgen las curvas de demanda habituales:

$$n = n(p_n, p_q, \pi, p_z, Y)$$

$$q = q(p_n, p_q, \pi, p_z, Y)$$

$$z = z(p_n, p_q, \pi, p_z, Y)$$

Para explicar la transición demográfica, Gary Becker debe indicar porqué al aumentar los ingresos, las familias deciden tener una menor cantidad de hijos:

$$\frac{\partial n}{\partial Y} < 0$$

Una forma de explicarlo es suponiendo que los hijos son "bienes inferiores". Como esto no es una explicación intuitiva y aceptable, Becker formula una hipótesis alternativa. El postula que la elasticidad ingreso de la calidad de hijos es mayor que la elasticidad ingreso de la cantidad.

Si ello ocurre, entonces al aumentar el ingreso de las familias éstas demandarán un incremento mayor de calidad que de cantidad. Esto a su vez alterará la relación de precios sombra en contra de la cantidad y a favor de la calidad.

Por lo tanto, al aumentar el ingreso de las familias se tendrá un efecto ingreso favorable (dado por la elasticidad ingreso de la cantidad) y un efecto sustitución desfavorable (el precio sombra de la cantidad se encarece en términos relativos) que reduce la cantidad deseada. Si la elasticidad ingreso del número de hijos es baja, el efecto de sustitución predominará y se podrá observar una menor cantidad de hijos por familia, a medida que aumentan los ingresos.

Por el contrario, en el caso de la calidad, se reforzará la elasticidad ingreso positiva, con un efecto de sustitución también positivo, que reducirá el precio sombra relativo de la calidad, al tener una menor cantidad.

La predicción de este simple modelo es que, al aumentar el ingreso, es perfectamente posible observar una disminución en el número de hijos por familia, si bien hay un aumento muy fuerte en la calidad de éstos.

Otra implicación interesante del modelo de Becker es que, si la elasticidad ingreso de la calidad fuera mayor que la elasticidad ingreso de la cantidad, al disminuir los ingresos, las familias invierten cada vez menos en la calidad de sus hijos, lo que produce el efecto inverso. Los precios relativos favorecen la cantidad versus la cantidad. En este caso el modelo predice que las familias más pobres tenderán a tener muchos hijos, y no invertirán prácticamente nada en ellos. Esto se ve confirmado con la evidencia empírica.

Un caso aún más extremo, se produce en economías agrícolas pobres, con q =0, en que los hijos ayudan con trabajo a sus padres, lo que genera de facto una transferencia de recursos de hijos a padres. En ese caso el problema de estas familias es:

$$MaxU = U(n, 0, z)$$

Sujeto a:

$$|P_n| \cdot n + Y = P_z \cdot z$$

En este caso, el óptimo de las familias es una solución esquina: Tener el mayor número de hijos mayor posible hasta su límite biológico.

Esto produce una "trampa de la pobreza". Las familias pobres tendrán familias enormes, lo que a su vez las condena a permanecer pobres. Se resistirán ante cualquier programa de control de la población, ya que eso atenta contra el bienestar de los padres. Como se invierte "cero" en los hijos, estos están condenados a ser mano de obra no calificada, y engrendrar a su vez otras familias similares que perpetúen el ciclo. Si el gobierno trata de educar a sus hijos, se resistirán, ya que está poniendo en peligro el trabajo gratuito que ellos hacen para sus padres (reduciendo

P_n).

En dicho caso, la natalidad estará en niveles máximos factibles, y el equilibrio será el que predijo Malthus. La población crece en este caso en forma incontrolada: ¿duplicándose cada 25 años? El modelo de Becker es perfectamente consistente con un equilibrio Malthusiano, para niveles de ingreso muy bajos.

Lo que desarticula la "bomba demográfica" en este modelo es el desarrollo económico, ya que, al crecer los ingresos de las familias, estas comienzan a disminuir el número de hijos e invertir más en calidad (lo que de paso explica la explosión en la educación). Se produce en forma natural una transición demográfica, y sólo se observa una explosión demográfica transitoria.

Si un país sigue en forma natural de modelo de Transición Demográfica, entonces nunca se saldrá el crecimiento de la población fuera de control, y no se justifican en absoluto las intervenciones estatales tendientes a limitar el número de hijos. Estas políticas sólo tienen justificación, si la trayectoria que siguen los países es la del modelo Malthusiano puro.

Ejercicio de Transición Demográfica

"En un país avanzado, la población está disminuyendo a razón de -0,5 % anual. La tasa de mortalidad es de 1,0 %. La TNR es de 0,8. El gobierno está preocupado por el tema, y desea tener una población estable. i) ¿Qué efectos económicos tiene este fenómeno ii) ¿Cuáles son las opciones de política para estabilizar la población?"

Resolución:

Una población que disminuye a razón de -0,5 % anual, perdería casi el 10 % de su población en 20 años. Esto hace que las cohortes más jóvenes se vayan reduciendo en relación a las anteriores. Ello impacta a los colegios y universidades, que tendrán que cerrar por falta de alumnos. También impacta a los mercados inmobiliarios, en un mediano plazo, y a los sistemas de pensión, si están basadas en reparto. Produce un envejecimiento sistemático de la población.

Las opciones de política para estabilizar la población son dos: La primera es estimular la inmigración del exterior, de modo que los inmigrantes reemplacen a la población local. Esto soluciona el problema de composición etárea, pero genera nuevos problemas de tipo cultural. El país puede ir perdiendo su identidad cultural, sobre todo si la inmigración es muy alta.

La segunda opción de política, es estimular la natalidad. La tasa de natalidad es de 0,5 % (b-d = -0,5 % y d=1 %). Se requiere aumentar la tasa de natalidad al 1,0 % anual para estabilizar la población. Esto requiere el uso del sistema de precios. Se debe lograr reducir el costo de tener hijos para las familias. Ello se puede lograr subsidiando n.

6.4 Capital Humano

Supongamos que necesitamos una operación urgente de apendicitis. Requerimos de una actividad productiva que realice esta función. Ello se hace en clínicas y hospitales. Estas cuentan con capital en la forma de edificios, camas, quirófanos y todo tipo de instrumentos y maquinarias especializadas, y trabajo. ¿Daría lo mismo que cualquier persona realice esta operación, incluso una que iba pasando por la calle y no ha realizado esta operación jamás?

Otro ejemplo. Necesitamos reparar un automóvil que se echó a perder. Lo llevamos a un taller mecánico. Este taller cuenta con capital: edificios, instalaciones, maquinarias y herramientas, y trabajo de la gente. ¿Daría lo mismo que cualquier persona (trabajo) lo repare?

Necesitamos un gerente general para dirigir una empresa. Un sobrino de 12 años de edad, que nunca ha realizado un negocio en su vida, se ofrece para el puesto. ¿Daría lo mismo que la dirija el sobrino, o necesitamos un gerente que tenga conocimientos y experiencia en haber dirigido actividades similares?

Estos sencillos ejemplos, muestran que en muchas actividades el trabajo es un factor diferenciado. Y ello ocurre porque incorporado en las horas de trabajo físico, hay conocimientos y habilidades, que permiten realizar de buena forma la función requerida.

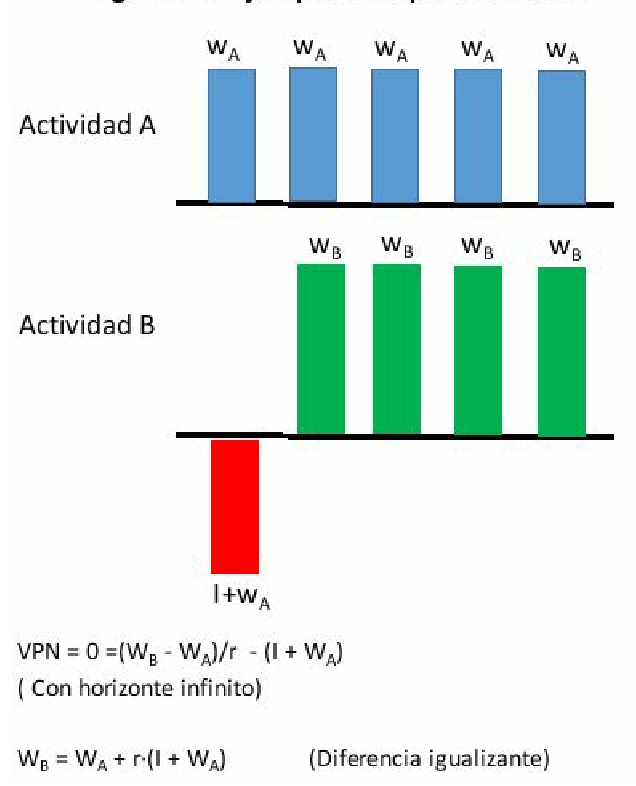
Estos conocimientos y habilidades constituyen un factor de producción en sí, distinto del trabajo físico. Recibe el nombre de Capital Humano. Se define el Capital Humano como la suma de conocimientos útiles y habilidades, que permiten afectar la productividad de las personas.

Los individuos trabajan con la mente tanto como con el cuerpo. De hecho, en las economías desarrolladas, la capacidad intelectual influye mucho más que la actividad física en el salario de una persona.

Si se considera el trabajo de un artista (ceramista, pintor, escultor) o un profesional (médico, ingeniero, abogado, relojero, mecánico) se observa que conocimientos y habilidades son más importantes que el trabajo físico para obtener resultados satisfactorios.

El Capital Humano, al igual que el Capital Físico requiere de inversión para ser desarrollado, posee depreciación, y también está sujetos a la obsolecencia tecnológica. Por ello fue bautizado con el nombre de Capital Humano. Aunque también se puede calificar como la suma de Educación y Experiencia. Capital Humano va un poco más allá, porque lo único que importa es que se tengan los conocimientos y las habilidades. No importa cómo estas hayan sido adquiridas: ya sea con un entrenamiento formal (Educación), o estudiando por su cuenta (Autodidacta), o realizando actividades similares (Experiencia).

El Capital Humano se refleja en los salarios de las personas, ya que la adquisición de estos conocimientos y el desarrollo de estas habilidades, requiere de tiempo y recursos. Consideremos dos actividades: una que solo requiere esfuerzo físico y no requiere ningún conocimiento ni habilidad especial (trabajo no calificado); y una segunda actividad, que requiere un año entero de estudio y entrenamiento, antes de poder ser capaces de desempeñarlo. En la figura 43 se observa que se requiere un salario más alto para convencer a alguien que realice el esfuerzo de adquirir estas habilidades.



Salarios y Capital Humano

Si el salario obtenido por una persona, w, dependiera del número de años de educación, s, ¿Cuántos años convendría estudiar?

$$w = w(s)$$

Si la educación fuese gratuita, solo tendría el costo de oportunidad del tiempo invertido, las personas tratarían de maximizar el valor presente de los salarios obtenidos:

$$Max V = \int_s^T w(s) \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

Este valor presente es igual a:

$$V = w(s) \cdot \left. \frac{e^{-r \cdot t}}{-r} \right|_s^T$$

$$V = \frac{w(s)}{r} \cdot \left[e^{-r \cdot s} - e^{-r \cdot T} \right]$$

El máximo valor presente se obtiene de:

$$\frac{dV}{ds} = \frac{w'(s)}{r} \cdot \left[e^{-r \cdot s} - e^{-r \cdot T} \right] - w(s) \cdot e^{-r \cdot s} = 0$$

$$\frac{w'(s)}{w(s)} = r \cdot \frac{e^{-r \cdot s}}{e^{-r \cdot s} - e^{-r \cdot T}}$$

Si T fuera muy largo, esta relación se transforma aproximadamente en:

$$\frac{w'(s)}{w(s)} = r$$

El número de años óptimo para educarse sería el punto donde el incremento porcentual en el salario obtenido por ese año de educación adicional, sea igual a la tasa de interés relevante.

Si el mercado de la educación fuera perfectamente competitivo, los horizontes de planificación muy largos, y todos los años de educación fueran óptimos, entonces la curva de salarios tomaría la siguiente forma:

$$V = \frac{w(s)}{r} \cdot e^{-r \cdot s}$$

$$\ln(w(s)) = [\ln V - \ln r] + r \cdot s$$

Al graficar el logaritmo de los salarios contra los años de educación se obtendría una línea recta, con pendiente positiva igual a r.

Un modelo más elaborado, siguiendo estas mismas líneas. fue desarrollado por Jacob Mincer (1975):

Sea C_t el monto invertido en educación formal y en experiencia en el año t, E_0 el salario no calificado, E_t el nivel de ingreso potencial de la persona, y w_t el salario observado. Entonces se dan las siguientes relaciones:

$$E_t = E_0 + \sum_{j=1}^{t-1} r_j \cdot C_j$$ Ingresos son salario no calificado más retorno al capital humano

$$C_j = k_j \cdot E_j$$ Monto invertido en capital humano en periodo j

$$E_t = E_0 + \sum_{j=1}^{t-1} r_j \cdot k_j \cdot E_j$$

Resolviendo recursivamente el sistema anterior, se tiene:

$$E_1 = E_0$$

$$E_2 = E_0 + r_1 \cdot k_1 \cdot E_1 = E_0 \cdot (1 + r_1 \cdot k_1)$$

$$E_3 = E_0 + r_1 \cdot k_1 \cdot E_1 + r_2 \cdot k_2 \cdot E_2 = E_0 \cdot (1 + r_1 \cdot k_1) \cdot (1 + r_2 \cdot k_2)$$

$$E_t = E_0 \cdot \prod_{j=1}^{t-1} (1 + r_j \cdot k_j)$$

Tomando logaritmos se tiene:

$$\ln(E_t) = \ln(E_0) + \sum_{j=1}^{t-1} \ln(1 + r_j \cdot k_j)$$

Que es aproximadamente igual a:

$$\ln(E_t) = \ln(E_0) + \sum_{j=1}^{t-1} r_j \cdot k_j$$

Una simplificación adicional que hace Mincer es que:

$r_j = r$ y $k_j = 1$ para j = 1, 2, 3, …., s (años de eduación)

$r_j = \gamma$ para j = s+1, s+2, …., t-1 (años de experiencia)

Con esto la expresión se simplifica a:

$$\ln(E_t) = \ln(E_0) + r \cdot s + \gamma \cdot \sum_{s+1}^{t-1} k_j$$

Suponiendo una inversión lineal decreciente en Experiencia, se puede aproximar:

$$\sum_{j=s+1}^{t-1} k_j = \int_0^{Exp} (a - b \cdot Exp) \cdot dExp$$

Y también

$$\ln(w_t) = \ln(E_t) - k_t = \ln(E_t) - (a - b \cdot Exp)$$

Con esto se obtiene finalmente:

$$\ln(w_t) = \ln(E_0) + r \cdot s + (a + b) \cdot Exp - \frac{b}{2} \cdot Exp^2$$

(Ecuación 6.9)

La ecuación de Mincer predice que la inversión en capital humano, genera una relación positiva entre el logaritmo de los salarios y los años de educación y una relación parabólica entre el logaritmo de los salarios y los años de experiencia.

Una aplicación práctica de esta ecuación en el caso de Chile, se dio con los trabajos de Luis Riveros (1983), procesando las encuestas de empleo de la Universidad de Chile, y Soledad Arellano y Matías Braun (1999) procesando la encuesta Casen. En el cuadro 13 se indica la evolución de la rentabilidad de la educación en Chile, usando ecuaciones de Mincer.

Cuadro 13. Rentabilidad privada de la educación en Chile

	1965	1972	1978	1998
Educación primaria	28,3	28,2	23,4	16,2
Educación secundaria	10,7	10,2	9,5	12,2
Educación técnica				14,7
Educación universitaria	9,5	9,0	8,1	17,7

Fuente: Riveros (1983) y Arellano y Braun (1999)

La rentabilidad de la educación fluctúa según la oferta de graduados y la demanda por estas calificaciones. En las últimas décadas en Chile se produjo una gran expansión en la oferta de educación, y también hubo una gran demanda por estas calificaciones, dado el fuerte crecimiento de la economía. El crecimiento de la economía generó una gran demanda por calificaciones, lo que explica el aumento de la rentabilidad de la educación técnica y superior. Por otro lado, la cobertura de la educación primaria llegó a cien por ciento, lo que explica la caída de la rentabilidad de la educación primaria.

La medición del Stock de Capital Humano

Como el capital humano aumenta las remuneraciones por encima del salario no calificado, cuando se observa el salario de un trabajador, se puede considerar que, conceptualmente, lo que el trabajador está recibiendo es igual a la suma de las horas de trabajo físico, por el cual recibe un salario no calificado, más la diferencia que se puede atribuir al pago a su capital humano.

Si solo se considera el retorno a la educación, r, y se observan los años de educación formal de la persona, entonces el salario observado sería igual a:

$$w = E_0 \cdot e^{r \cdot s}$$

$$w = E_0 + p_h \cdot h$$

En que h es el stock de capital humano por trabajador. Combinando las dos ecuaciones se obtiene:

$$p_h \cdot h = E_0 \cdot \left(e^{r \cdot s} - 1\right)$$

Haciendo $p_h = E_0$, para expresar el capital humano en unidades equivalentes de trabajo físico, se tiene:

$$h = \frac{H}{L} = e^{r \cdot s} - 1$$ (Ecuación 6.10)

$$H = h \cdot L$$ (Ecuación 6.11)

La rentabilidad de la educación se puede estimar conociendo las remuneraciones promedio de los trabajadores, el salario no calificado, y los años promedio de educación:

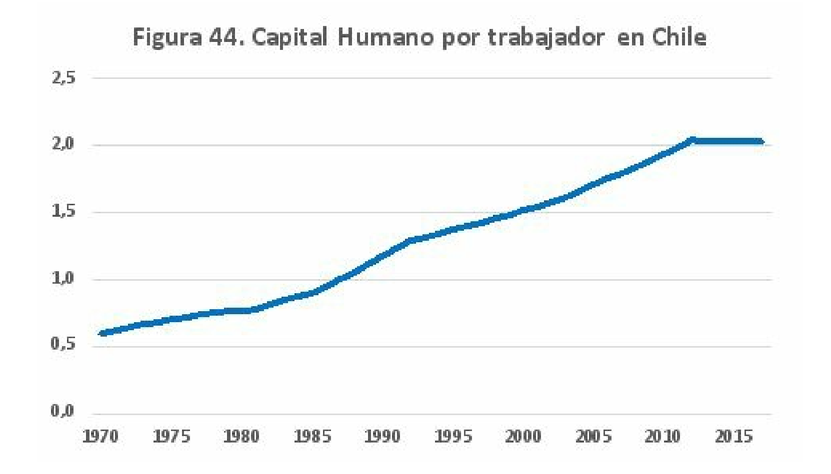
$$r = \frac{1}{s} \cdot \ln\left(\frac{w}{E_0}\right)$$ (Ecuación 6.12)

Para medir el stock de capital humano se requiere información acerca del número de años promedio de educación de la fuerza laboral y de la rentabilidad de la educación.



En las figuras 44 y 45 se presenta el retorno promedio a la educación y el cálculo del stock de capital humano por trabajador en los últimos 50 años en Chile.

Se observa que en la década de los setenta y ochenta, se generaron enormes rentabilidades a la educación, lo que incentivó una fuerte expansión del sistema educacional. Una vez que esta expansión se realizó en los noventa y 2000, la rentabilidad de la educación cayó a niveles de 10 % real.



Tipos de Capital Humano

Gary Becker (1964) distinguía dos clases de capital humano:

1) Capital Humano general, que eran conocimientos y habilidades que podían aplicarse productivamente en prácticamente todos los sectores de la economía.

2) Capital Humano específico, que eran conocimientos y habilidades que son productivos solo a nivel de una empresa o actividad bien particular.

El Capital Humano general tiende a ser entregado a través de un sistema formal: el sistema educacional. Como las personas pueden utilizar estos conocimientos en otros sectores de la economía, las empresas están forzadas a pagar este factor a las personas que lo poseen. Ello hace que las personas sean necesariamente quienes se deben costear esta educación. Ninguna empresa tiene incentivos a financiar la adquisición de capital humano general para sus trabajadores. Cuando estos adquieren esos conocimientos, si no les sube el sueldo, los trabajadores se van a otro sector.

Por otro lado, el Capital Humano específico solo sirve en una actividad determinada. Las empresas tienen todos los incentivos para que sus trabajadores adquieran estos conocimientos y habilidades específicas. Los trabajadores pierden este capital específico si se van a otro sector, por lo que no necesariamente esto se refleja en sus remuneraciones.

Un modelo de Solow con Capital Humano

Si se consideran tres factores productivos, capital físico (K), trabajo (L) y capital humano (H), una función de producción de tipo Cobb-Douglas, y dos tasas de inversión: una en capital físico (s) y otra en capital humano (s_H). El modelo de Solow ampliado queda como:

$$Q = A \cdot (K)^{\alpha} (H)^{\beta} (L)^{1-\alpha-\beta}$$ (Ecuación 6.13)

$$\dot{K} = s \cdot Q - \delta \cdot K$$ (Ecuación 6.14)

$$\dot{H} = s_H \cdot Q - \delta_H \cdot H$$ - (Ecuación 6.15)

$$\dot{L} = n \cdot L$$ (Ecuación 6.16)

Definiendo q = Q/L, k = K/L, h = H/L, las ecuaciones de movimiento por trabajador son las siguientes:

$$q = A \cdot k^{\alpha} \cdot h^{\beta}$$ (Ecuación 6.17)

$$\dot{k} = s \cdot q - (n + \delta) \cdot k$$ (Ecuación 6.18)

$$\dot{h} = s_H \cdot q - (n + \delta_H) \cdot h$$ (Ecuación 6.19)

El estado estacionario del sistema se obtiene cuando:

$$\dot{k} = \dot{h} = 0$$

$$s \cdot A \cdot k^{\alpha} \cdot h^{\beta} = (n + \delta) \cdot k$$

$$s_H \cdot A \cdot k^{\alpha} \cdot h^{\beta} = (n + \delta_H) \cdot h$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones:

$$k^* = \left[A \cdot \left(\frac{s}{n+\delta} \right)^{1-\beta} \cdot \left(\frac{s_H}{n+\delta_H} \right)^{\beta} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$ (Ecuación 6.20)

$$h^* = \left[A \cdot \left(\frac{s}{n+\delta} \right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{s_H}{n+\delta_H} \right)^{1-\alpha} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$ (Ecuación 6.21)

El PIB por trabajador del estado estacionario es:

$$q^* = A^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \cdot \left(\frac{s}{n+\delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \cdot \left(\frac{s_H}{n+\delta_H} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}}$$ (Ecuación 6.22)

Se observa que tanto la tasa de inversión en capital físico (s), como la tasa de inversión en capital humano (s_H) son variables clave que afectan el nivel del estado estacionario y, por lo tanto, toda la trayectoria de crecimiento de la economía. También influye la tecnología (A), el ritmo de crecimiento de la población (n) y las tasas de depreciación en capital físico (δ) y capital humano (δ_H).

La ecuación 6.22 es la base conceptual del modelo empírico usado por Mankiw, Romer y Weil (1990), en su estudio empírico ya analizado.

¿Qué es lo que mantiene alta la rentabilidad de la educación?

Pese a la fuerte expansión general que se aprecia en los niveles de educación de la población en los distintos países, la evidencia empírica muestra los niveles de rentabilidad se mantienen altos. ¿Cómo puede mantenerse alta la rentabilidad de un factor que se acumula desproporcionadamente? La productividad marginal decreciente implicaría una fuerte caída en su rentabilidad.

El premio Nobel en economía, Theodore W. Schultz (1961), hipotetizó que la explicación de este fenómeno es que existe una relación de sustitución entre capital humano y trabajo físico, y

una relación de complementariedad entre capital humano y capital físico. Al acumularse capital físico en forma muy rápida, se genera una fuerte demanda por capital humano, que mantiene la rentabilidad de la educación alta.

Esto se comprobó empíricamente mediante funciones de producción agregadas de tipo "nested CES", que confirmaron la hipótesis anterior. La elasticidad de sustitución de capital humano y capital físico era baja, generando una cierta relación de complementariedad. A su vez, el agregado de capital físico y capital humano tenía una elasticidad de sustitución más alta con el trabajo físico, implicando una relación de sustitución.

La implicancia práctica de la hipótesis de Schultz es que sólo se puede sostener una rentabilidad alta para la educación, si hay una rápida acumulación de capital físico. Si ello, no ocurre, debería observarse una fuerte caída en la rentabilidad de la educación.

Hay países que han hecho enormes esfuerzos por incrementar la educación de su población, pero con un muy bajo ritmo de acumulación de capital y crecimiento económico. Es el caso de la Cuba revolucionaria de Fidel Castro. Su economía ha estado prácticamente estancada durante 60 años, mientras se hizo un enorme esfuerzo por educar a la población. La rentabilidad de la educación cayó abruptamente, y se observan médicos e ingenieros, atendiendo de mozos en los restaurantes, o trabajando de taxistas.

También hay ejemplos contrarios, de fuerte crecimiento y acumulación de capital, con bajos niveles de inversión en educación. Es el caso de la "Revolución Blanca" del último Shah de Irán. Los altísimos niveles de inversión posibilitados por los altos precios del petróleo impulsaron un ritmo de crecimiento de dos dígitos. El gran déficit educacional que existía, hizo explotar la rentabilidad de la educación. Se hizo necesario "importar" científicos e ingenieros del exterior, para poder seguir manteniendo el ritmo de inversión.

En el caso general, la inversión en educación debe ir de la mano de la inversión en capital físico, para poder mantener alta la rentabilidad de la educación.

Ejercicio de Capital Humano

"Una economía presenta una función de producción Cobb-Douglas, con un A = 1, un coeficiente $\alpha = 0{,}35$ para el capital físico, y un coeficiente $\beta = 0{,}25$ para el capital humano. La tasa de inversión en capital físico es s = 0,2 y su tasa de depreciación es $\delta = 0{,}03$. La tasa de inversión en educación es de $s_H = 0{,}05$ y su tasa de depreciación es $\delta_H = 0{,}02$. La población crece al 1 % anual. i) Encuentre el PIB por trabajador, la relación capital-trabajo y el capital humano por trabajador en el estado estacionario ii) ¿Cómo cambian las relaciones anteriores, si se aumenta la inversión en capital humano en un punto porcentual del PIB?".

Respuesta:

De la ecuación 6.22 se tiene que:

$$q^* = A^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \cdot \left(\frac{s}{n+\delta}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \cdot \left(\frac{s_H}{n+\delta_H}\right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}}$$

$$q^* = \cdot \left(\frac{0{,}2}{0{,}04}\right)^{\frac{0{,}35}{0{,}4}} \cdot \left(\frac{0{,}05}{0{,}03}\right)^{\frac{0{,}25}{0{,}4}} = 5{,}63$$

De la ecuación 6.20 se obtiene k*:

$$k^* = \left[A \cdot \left(\frac{s}{n+\delta} \right)^{1-\beta} \cdot \left(\frac{s_H}{n+\delta_H} \right)^{\beta} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$

$$k^* = \left[\left(\frac{0,2}{0,04} \right)^{0,75} \cdot \left(\frac{0,05}{0,03} \right)^{0,25} \right]^{\frac{1}{0,4}} = 28,13$$

De la ecuación 6,21 se obtiene h*:

$$h^* = \left[A \cdot \left(\frac{s}{n+\delta} \right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{s_H}{n+\delta_H} \right)^{1-\alpha} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$

$$h^* = \left[\left(\frac{0,2}{0,04} \right)^{0,35} \cdot \left(\frac{0,05}{0,03} \right)^{0,65} \right]^{\frac{1}{0,4}} = 9,38$$

Si se reemplaza s_H por 0,06 se obtiene:

$q^{**} = 6,31$ Se incrementa en 12 %.

$k^{**} = 31,53$ Se incrementa en 12 %

$h^{**} = 12,61$ Se incrementa en 34 %

6.5 Migración

Uno de los fenómenos más significativos que ocurren a nivel de los países es el desplazamiento de poblaciones de un lugar a otro. Hay algunos países fueron generadores de emigración hacia otros lugares, como es el ejemplo de Inglaterra. Mientras construía su imperio en ultramar, la pequeña isla del mar Atlántico generaba una continua corriente emigratoria hacia América, Australia, Asia y la India. La población inglesa en ultramar creció en forma significativa, y hoy en día existen muchos países importantes, como Estados Unidos, Canadá, Australia y Nueva Zelanda, cuya población es primariamente de origen inglés.

Otros fenómenos de desarrollo, como el de Estados Unidos, por ejemplo, presentan una inmigración sistemática de personas, durante toda su historia. Desde el comienzo de Estados Unidos, ha sido receptor de un flujo importante de inmigrantes. Su gran abundancia de tierras y recursos naturales, y la expansión continua de estas, atrajo a miles de inmigrantes de todas partes del mundo, a lo que fuera conocida como "la tierra de la libertad y de las oportunidades". En el siglo XVIII, hubo una inmigración forzada de esclavos africanos. En el siglo XIX, la inmigración fue mayoritariamente de origen europeo; durante el siglo XX, tuvo grandes corrientes inmigratorias de Asia; y hacia fines del siglo XX y comienzos del siglo XXI, la mayor parte de los inmigrantes vino de Latinoamérica.

También hay ejemplos de desarrollo económico, sin inmigración significativa. Es el caso de Japón. En el desarrollo japonés, prácticamente no hay inmigrantes. Tan sólo mientras construyeron el "Imperio del Sol Naciente" hubo una cierta emigración a Asia, pero luego regresaron al caer el imperio. Los únicos países receptores significativos de emigración japonesa, fueron Estados Unidos y Brasil.

¡Porqué migran las personas? La migración es un cambio de localización geográfica que realizan las familias o los individuos, en respuesta a un diferencial esperado de ingresos entre el destino y el origen.

Una forma de visualizar la migración es mediante la figura 46. La migración tiene características de proyecto. Las familias esperan tener un ingreso permanente igual a y si permanecen en el origen. Si migran a otro destino, poseen expectativas de aumentar su ingreso a y*. Por otro lado, la migración es costosa, lo que implica una inversión igual a I. Esta inversión I incluye tanto costos pecuniarios de migrar, como costos no pecuniarios, que es el costo psicológico de dejar a su tierra, su familia y sus amigos, y aventurarse a lo desconocido. Si el valor presente esperado, descontado a la tasa relevante para la familia es positivo, entonces la familia decidirá migrar.

Figura 46. Decisión de Migración

Proyecto =VPN (Diferencia de Ingresos esperados)-I > 0

Migración atraída por el destino. Cuando en un cierto país mejoran fuertemente las expectativas económicas, normalmente atraen una corriente de inmigrantes. Se dice que una “migración atraída por el destino”. Ello se observa en el caso de descubrimiento repentino de riquezas minerales: las “fiebres del oro” de California, de Australia y de Alaska, por ejemplo; o bien cuando se abren nuevas tierras para la colonización, como es el caso de América y Australia; de países que experimentan bonanzas económicas, como los países petroleros que atrajeron un gran número de inmigrantes; o bien países que se desarrollan más rápido que sus vecinos, y atraen trabajadores que desean ganar salarios más altos.

Migración empujada por el origen. Cuando en un cierto país se deterioran las condiciones económicas, el proyecto de migrar se vuelve rentable para muchas personas. Esto da origen a una corriente emigratoria. Se observa en el caso de países afectados por guerras, hambrunas y pestes. En el caso de las guerras civiles también se observa una fuerte emigración, especialmente de los perdedores. También es el caso de persecuciones religiosas o políticas, que generan una huida de los perseguidos. Uno de los casos más dramáticos es el de Irlanda, que tenía una población de 8 millones de habitantes en 1841. Después de una prolongada y mortífera hambruna, redujo su población a 6,5 millones en 1851. Cincuenta años más tarde, en 1901, la población de Irlanda era de 4,5 millones. ¡En 60 años, se fue casi la mitad del país!

Disminución en el Costo de Migrar. El proyecto de migración también puede hacerse más favorable por la reducción en los costos de migrar. Los grandes avances tecnológicos en el transporte redujeron significativamente el costo de desplazamiento de un lugar a otro. También el hecho de que migren varias familias juntas, reduce el costo psicológico de migrar, así como el progreso de las comunicaciones, que permite a los migrantes mantener cierta conexión con sus lugares de origen.

Migración campo-ciudad: Modelo de Lewis

Al interior de un país, la migración más significativa, es el desplazamiento de los habitantes rurales hacia las zonas urbanas: la migración campo-ciudad. Arthur Lewis (1954) generó un modelo de desarrollo económico para caracterizar este desplazamiento. Divide la economía en dos sectores: un sector agrícola-rural y un sector industrial-urbano. El proceso de desarrollo consiste en un desplazamiento de trabajadores entre estos dos sectores.

Según Lewis inicialmente en el sector agrícola tradicional existe "trabajo redundante", es decir la productividad marginal del trabajo es cero. Los trabajadores agrícolas reciben un salario, que es fijado por la costumbre, y es proporcional a la productividad media. Este salario no se moverá mientras los terratenientes sean capaces de encontrar trabajadores al salario vigente.

En el sector industrial-urbano, las empresas maximizan utilidades, y contratan trabajadores hasta igualar el salario industrial a la productividad marginal. A medida que se acumula capital, crece la demanda de trabajo en el sector urbano.

Los nuevos trabajadores industriales son proveídos por el sector agrícola. Pero para que esto ocurra, el trabajador debe migrar del campo a la ciudad. Lewis supone que esta migración es costosa, por lo que debe existir una brecha salarial entre el campo y la ciudad que haga esta migración atractiva.

$$w_I = w_A + Dif \qquad \text{(Ecuación 6.23)}$$

w_I es el salario industrial-urbano, y este debe ser mayor en la diferencia igualizante (Dif), al salario agrícola, w_A, para que los trabajadores agrícolas migren a la ciudad.

En la figura 47 se representa gráficamente este modelo:

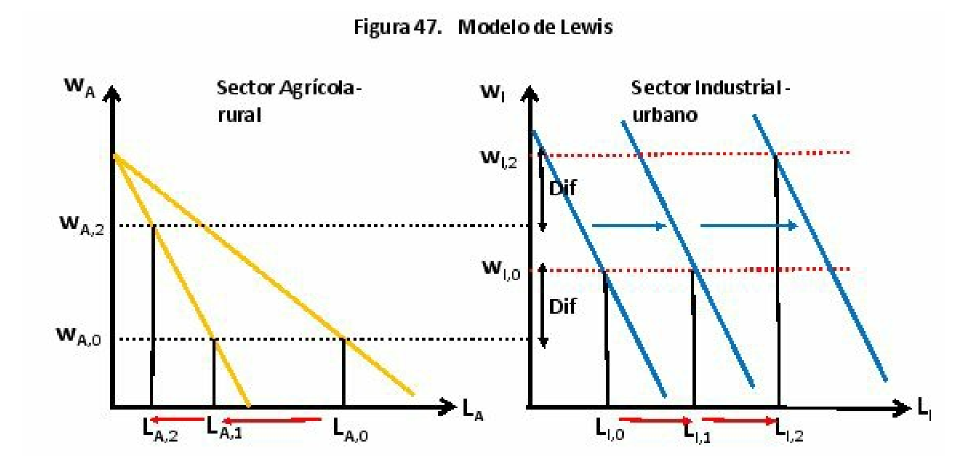


Figura 47. Modelo de Lewis

<u>Etapa Inicial</u>. Corresponde a la etapa de una agricultura tradicional, con trabajo redundante. La productividad marginal del trabajo agrícola es igual a cero, como se ve en la figura 47. El empleo en el sector agrícola es $L_{A,0}$ y el salario agrícola es $w_{A,0}$. Este salario agrícola es fijado por la costumbre y la tradición, y guarda relación con la productividad media (en el diagrama se dibujó igual a la productividad media por simplicidad). Hay muchos ejemplos del uso de mediería ("sharecropping") en la agricultura, que genera este resultado.

El salario en el sector industrial urbano es $w_{I,0}$ el cual excede al salario agrícola exactamente en el monto de la diferencia igualizante, Dif. Las contrataciones en el sector industrial son $L_{I,0,}$ que corresponde a la productividad marginal de la función de producción de la industria. La existencia de un sector que se guía por la costumbre, y no maximiza utilidades, y otro sector moderno que, si lo hace, le da características de una economía dual.

En los inicios del desarrollo económico, más del 90 % de la población vive en zonas rurales, por lo que el tamaño del sector agrícola es enorme, y el de la industria, pequeño en comparación.

A medida que la industria acumula capital en el sector urbano, se desplaza la demanda por trabajo hacia la derecha. Esto incrementa la demanda por trabajo en el sector industrial-urbano. Pero ello no se refleja en un incremento salarial. La oferta de trabajo para el sector industrial-urbano es infinitamente elástica al nivel del salario agrícola más su diferencia igualizante ("desarrollo con una oferta ilimitada de trabajo"). El desarrollo en esta etapa, implica una migración masiva de trabajadores del sector rural hacia el sector urbano. En otras palabras, se induce una fuerte migración campo-ciudad.

Los efectos distributivos de este proceso son regresivos. En el sector agrícola-rural, al perder trabajadores que tenían productividad marginal cero, la producción total no es afectada, y los trabajadores que quedan, son pagados de acuerdo al salario tradicional. Esto incrementa la renta de la tierra:

$$\mathrm{Re}\,nta_{Tierra} = p_A \cdot Q_A - w_{A,0} \cdot L_{A,0}$$

En el sector industrial urbano, la renta del capital también crece, ya que el producto industrial aumenta, y los salarios industriales se quedan constantes. Esto se ve gráficamente en la figura 47, con el incremento del área bajo la curva bajo de demanda por trabajo.

$$R \cdot K = p_I \cdot Q_I - w_{I,0} \cdot L_{I,0}$$

Durante toda esta primera fase, se genera una redistribución de ingresos que favorece al capital y a la tierra. Los pagos al trabajo se incrementan solamente en lo necesario para financiar la migración campo-ciudad.

Etapa intermedia: Hay una etapa intermedia que se genera, cuando la productividad marginal de la agricultura deja de ser cero, y pasa a ser positiva. En esta etapa, desaparece el trabajo redundante, por lo que el producto agrícola disminuye al perder trabajadores. Como el salario agrícola es mayor que la productividad marginal, la renta de la tierra continúa aumentando, y cualitativamente continúa el proceso redistributivo a favor del capital y de la tierra.

Sin embargo, al reducirse la producción agrícola, los precios de los alimentos tienden a subir. Ello puede incidir en la necesidad de que se produzcan reajustes salariales en el sector industrial-urbano para compensar a los trabajadores, por el incremento de precio en los alimentos. Aquí hay dos equilibrios posibles: En el primer equilibrio, las autoridades abren la economía al comercio exterior (si es que ya no estaba abierta con anterioridad). Con esto los precios de los alimentos se mantienen constantes, y simplemente el país pasa a importar parte de su consumo agrícola. En este caso, el equilibrio es similar al de la etapa inicial.

En el segundo equilibrio, la economía se mantiene cerrada, lo que genera un incremento en el precio de los alimentos, que induce un incremento en los salarios industriales-urbanos para compensar a los trabajadores por esto (De otro modo, se devuelven al campo o se detiene la migración). Ello hace que la diferencia igualizante vaya aumentando con el tiempo, ya que hay que compensar adicionalmente la carestía en la alimentación urbana. En este caso, salen favorecidos los terratenientes, que ven incrementado el precio de los alimentos que venden, y los salarios agrícolas se mantienen constantes.

Es interesante, que el modelo predice una pugna entre terratenientes y capitalistas, acerca de la apertura o cierre de la economía, que recuerda las peleas en Inglaterra por la derogación de las "corn laws".

Etapa de Economía moderna. Al llegar al punto en que el salario agrícola tradicional es

igual a la productividad marginal de la agricultura (punto $L_{A,1}$ de la figura 47), se produce un punto de inflexión en la economía. La agricultura tradicional tiende a desaparecer y los terratenientes son forzados a comportarse maximizando utilidades. Al salario agrícola tradicional, ya no son capaces de encontrar trabajadores. El hecho que tanto la industria como la agricultura maximicen utilidades, le quita el carácter dual a la economía.

De este punto en adelante, la migración campo-ciudad fuerza un incremento en los salarios reales del sector agrícola, que deben ser iguales a la productividad marginal de la agricultura. Esto también puede ser un detonante para que se produzca una "modernización" en la agricultura. La renta de la tierra disminuye en forma constante durante esta etapa.

Como el salario agrícola real va aumentando, esto fuerza a que el salario industrial también lo haga. La curva de oferta de trabajo al sector urbano toma pendiente positiva, y el trabajo se hace escaso. Ello hace que mucho del incremento de la demanda por trabajo en el sector industrial se refleje en mayores salarios reales para los trabajadores. Ello genera una redistribución de ingresos, que favorece a los trabajadores y desfavorece al capital y a la tierra.

Una implicación interesante de este modelo, es que sus fases distributivas coinciden ampliamente con la hipótesis de la "U" de Kuznets: Una etapa inicial de desarrollo, en que la distribución de ingresos se hace cada vez más desigual, seguido por una segunda etapa, en que la distribución de ingresos se hace cada vez más igualitaria. El modelo de Lewis explica estas dos etapas en términos de la migración campo-ciudad, y predice que el fondo de la "U" sería el punto $L_{A,1}$ de la figura 47.

Este modelo fue criticado por la validez empírica de su supuesto de trabajo redundante en la agricultura. Los ojos de los economistas se dirigieron hacia los países pobres y muy sobrepoblados, para verificar esta hipótesis.

Arnold Harberger (1971) plantea que bajo un sistema familiar donde un número importante de los trabajadores son contratados por el "jefe de familia", se tiene que la llegada de un nuevo familiar que va a contribuir con trabajo, implicaría despedir a un trabajador contratado, por lo que el reemplazante aún generaría una productividad marginal positiva. Solo en el caso de que no existan trabajadores contratados, la productividad marginal tendería a cero. Harberger investiga el caso de la India, y estima que aproximadamente el 25 % de la fuerza de trabajo rural corresponde a trabajadores no propietarios, que se ganan la vida trabajando a contrato.

Theodore Schultz (1964) analizó los efectos de la caída de la fuerza laboral en la India durante la epidemia de influenza 1918-1919. La disminución en la plantación agrícola provocada entonces, sugiere la existencia de una productividad marginal positiva de la mano de obra.

Otros estudios efectuados para Bangladesh, Indonesia y Pakistán, han encontrado evidencia de que el crecimiento de estas economías ha estado acompañado por aumentos en los salarios reales agrícolas.

Migración campo-ciudad: Modelo de Harris-Todaro

Este modelo corrige el supuesto no maximizador de utilidades en el sector agrícola e introduce la existencia de desempleo en el sector urbano.

La pregunta clave es: ¿qué lleva a los trabajadores agrícolas a emigrar a la ciudad, donde enfrentan la posibilidad de estar desempleados? Harris y Todaro (1970) responden: mientras el salario industrial-urbano sea suficientemente alto, como para compensar el costo de migrar y a la posibilidad de estar desempleado, las migraciones se producirán. Esto refleja un comportamiento económicamente racional de los migrantes.

Se plantea un modelo en que la decisión de migrar responde a la diferencia entre el salario urbano esperado y el salario agrícola. El modelo se sintetiza en las siguientes ecuaciones:

$$Q_A = G(T, L_A)$$ (Ecuación 6.24)

$$PMa_{LA} = G_L' > 0 \; G_{LL}'' < 0$$

$$Q_I = F(K, L_I)$$ (Ecuación 6.25)

$$PMa_{LI} = F_L' > 0 \; F_{LL}'' < 0$$

Con maximización de utilidades se tiene que:

$$w_A = p_A \cdot PMa_{LA} = p_A \cdot G_L'$$ (Ecuación 6.26)

$$w_I = p_I \cdot PMa_{LI} = p_I \cdot F_L'$$ (Ecuación 6.27)

Se introduce una tasa de desocupación urbana, u:

$$u = 1 - \frac{L_I}{L_U}$$ (Ecuación 6.28)

Los trabajadores migran del campo a la ciudad:

$$\dot{L}_U = -\dot{L}_A$$ (Ecuación 6.29)

El salario esperado urbano es:

$$E[w_U] = w_I \cdot (1-u)$$ (Ecuación 6.30)

El equilibrio de migración es:

$$E[w_U] = w_A + Dif$$ (Ecuación 6.31)

Harris y Todaro también introducen una función de demanda relativa:

$$\frac{p_A}{p_I} = D\left(\frac{Q_A}{Q_I}\right)$$ (Ecuación 6.32)

Harris y Todaro también analizan el caso en que los gobiernos fijan un salario mínimo a nivel urbano.

$$w_I \geq w_{min}$$ (Ecuación 6.33)

Cuando se fija un salario mínimo urbano por arriba del salario agrícola más la diferencia igualizante, en ese caso se genera un desempleo estructural. La tasa de desempleo actúa como variable reguladora de la migración campo-ciudad. Al aumentar la desocupación urbana, el salario esperado urbano disminuye. Esto reduce el diferencial entre el salario esperado urbano y el salario agrícola, lo que frena la migración. La desocupación actúa como variable de ajuste, para detener la migración, cuando las autoridades fijan salarios mínimos irrealmente altos.

Con un salario mínimo por arriba del equilibrio, la tasa de desempleo de equilibrio se obtiene de combinar las ecuaciones 6.30, 6.31 y 6.33:

$$w_{min} \cdot (1-u) = E[w_U] = w_A + Dif$$

$$u = 1 - \frac{w_A + Dif}{w_{min}}$$ (Ecuación 6.34)

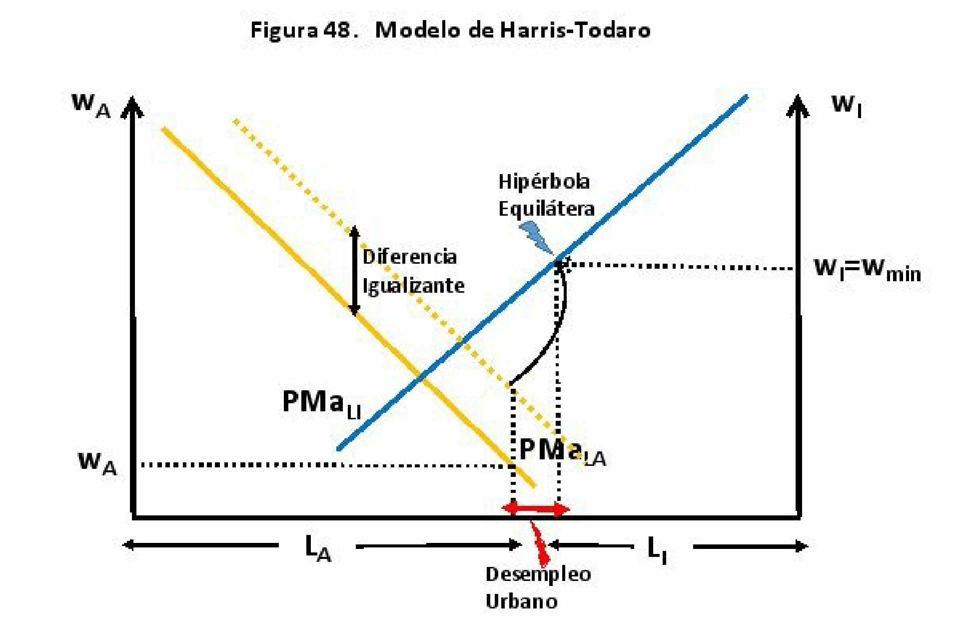
Al fijar salarios mínimos urbanos por sobre el equilibrio, se genera cesantía como un mecanismo para regular la migración campo-ciudad. Este desempleo “estructural” es mayor mientras más alto es el salario mínimo. El sector urbano y el sector agrícola están íntimamente conectados a través de la migración.

En un marco estático, el costo de oportunidad del trabajo es el “precio-sombra”. Como indica Harberger (1971), al contratar un trabajador en el sector industrial, más de un trabajador migrará como respuesta. Esto hace que el costo de oportunidad de este empleo industrial sea más alto que la productividad marginal del sector agrícola. En equilibrio, este es igual al salario pagado por el sector industrial.

En la figura 48, se muestra gráficamente el equilibrio estático del modelo de Harris-Todaro.

Se puede apreciar que un incremento en el salario mínimo industrial, no solo aumenta el desempleo urbano, sino que reduce el salario agrícola. De hecho, si no se fijara un salario mínimo en la ciudad, el salario agrícola de equilibrio sería mayor.

Al ir creciendo la demanda por trabajo urbano (desplazamiento hacia la izquierda de la recta azul de la figura 43) se observa, que se induce una migración campo-ciudad, y aumenta el salario agrícola.



Ejercicio de Migración

“En una economía dual, existe un salario agrícola fijado por la costumbre igual a 100. Existe una diferencia igualizante para migrar a la ciudad igual a 50. i) ¿Cuál es el salario industrial-urbano de equilibrio? ii) El gobierno fija un salario mínimo en la ciudad igual a 200. ¿Qué ocurre?”

Respuesta:

En este caso se puede utilizar la ecuación 6.23 del modelo de Lewis:

$$w_I = w_A + Dif$$

$$w_I = 100 + 50 = 150$$

El salario industrial de equilibrio es 150.

Si se fija un salario mínimo de 200, se puede usar la ecuación 6.34 del modelo de Harris-Todaro:

$$u = 1 - \frac{w_A + Dif}{w_{\min}}$$

$$u = 1 - \frac{150}{200} = 0,25 = 25\%$$

Al fijar el salario industrial en 200, la migración se vuelve muy atractiva. Migran muchos más trabajadores agrícolas a la ciudad que los que contrata la industria. Se genera desempleo urbano creciente. Al llegar la tasa de desocupación al 25 %, la migración se detiene. En ese punto el salario esperado urbano es igual al salario agrícola más la diferencia igualizante.

Referencias del Capítulo

- Soledad Arellano y Matías Braun, "Rentabilidad de la Educación Formal en Chile ", 1999, Cuadernos de Economía de la Universidad Católica
- Gary Becker and Gregg Lewis, "On the Interaction between the Quantity and Quality of Children", 1973, Journal of Political Economy.
- Gary Becker, "Human Capital", 1964, National Bureau of Economic Research.
- Gregory Clark, "A Farewell to Alms", 2007, Princeton University Press.
- Arnold Harberger, "On Measuring the Social Opportunity Cost of Labor", 1971, International Labor Office.
- John Harris and Michael Todaro, "Migration, Unemployment and Development", 1970, American Economic Review.
- Thomas Robert Malthus, "Primer Ensayo sobre la Población", 1798, reeditado en 1984 por Editorial Sarpe.
- Arthur Lewis, "Economic Development with Unlimited Supplies of Labor", 1954, Manchester School.
- Jacob Mincer, "Education, Experience and the Distribution of Income", 1975, National Bureau of Economic Research.
- Luis Riveros, "Rentabilidad de la Educación en Chile", 1983, Revista de Economía y Administración Universidad de Chile.
- Theodore W. Schultz, "Investment in Human Capital", 1961, American Economic Review.
- Warren Thompson, "Population", 1929, American Sociological Review.
- David Weil, "Crecimiento Económico", 2006, Pearson Educación.

CAPITULO 7 RECURSOS NATURALES

Los Recursos Naturales también constituyen factores productivos que entran en la función de producción agregada. Estos tienen ciertas características especiales, que los hacen dignos de ser tratados en un capítulo aparte.

Muchos países basan su desarrollo en la explotación de los recursos naturales. Esto les puede dar una ventaja inicial sobre los países que carecen de estos recursos, pero también originan problemas, y a veces pueden generar situaciones de estancamiento económico, si no se manejan bien. De hecho, hay países como Singapur, que hicieron su tránsito al desarrollo sin tener prácticamente ningún recurso natural.

7.1 Recursos Naturales no Renovables

Los Recursos Naturales no Renovables, son aquellos que una vez explotados se agotan. Todos los recursos minerales y yacimientos mineros caen dentro de esta categoría. El problema económico es que se tiene un stock S del recurso, y la decisión económica relevante es respecto de cuál es la velocidad óptima para explotarlo.

Este problema fue planteado por Harold Hotelling (1931) por primera vez. Lo que sigue a continuación está basado en su modelo.

Supongamos que la sociedad mundial tiene a su disposición una cantidad fija S_0 de un recurso natural no renovable (Petróleo, Cobre, Oro, Plata, carbón, Hierro, Salitre, etc.). ¿Cuál es la mejor estrategia de extracción de este recurso si existiera un mercado mundial competitivo?

Hotelling define el precio neto del recurso como su precio menos su costo de extracción y elaboración. El precio neto se define como:

P(t) = Precio – Costo (Ecuación 7.1)

En el caso competitivo, el productor no tendrá ninguna influencia sobre el precio del recurso, y su única variable de decisión es cuando extraer el recurso y en qué cantidad.

Al propietario de la mina le será indiferente obtener un precio neto (precio menos costo de producción) igual a P_0 hoy día o P(t) en el futuro:

$$P(t) = P_0 \cdot e^{r \cdot t}$$ (Ecuación 7.2)

Por lo tanto, la producción intertemporal, se acomodará para forzar el cumplimiento de la ecuación 7.2, siendo r la tasa de interés relevante para los productores.

Suponiendo que la demanda mundial por este recurso esté dada por:

$$q = D(P, t)$$ (Ecuación 7.3)

La condición de agotamiento del recurso natural está dada por:

$$\int_0^T q \cdot dt = \int_0^T D\left(P_0 \cdot e^{r \cdot t}, t\right) dt = S_0$$ (Ecuación 7.4)

Cuando el Recurso Natural se agote, su demanda debe ser cero, por lo que:

$$D\left(P_0 \cdot e^{r \cdot T}, T\right) = 0$$ (Ecuación 7.5)

Estas ecuaciones permiten calcular los tiempos de agotamiento, y la trayectoria de precios del recurso.

Hotelling (1931) concluye tres cosas de este análisis:

1) El precio neto del Recurso Natural (precio menos costo de extracción y procesamiento) debe tender a subir de acuerdo con la tasa de interés real.
2) El tiempo óptimo de agotamiento de un recurso debiera depender de la tasa de interés real.
3) La cuestión de si el tiempo de agotamiento es finito o infinito, depende de la forma de la curva de demanda. Por ejemplo, una curva de demanda de la forma
   $q = a - e^{-b \cdot P}$ generará un tiempo de agotamiento infinito.

¿Cuál es la mejor estrategia de extracción desde el punto de vista de la sociedad?

Si lo que interesa es maximizar el valor social del recurso, lo que importa es maximizar el

excedente social:

$$u(q) = \int_0^q P(q) \cdot dq$$

Esto define el excedente social como el área entre la curva de demanda y los costos marginales. El problema de la sociedad es:

$$Max\,V = \int_0^T u(q) \cdot e^{r \cdot t} \cdot dt$$

Sujeto a:

$$\int_0^T q \cdot dt = S_0$$

$$q = -\dot{S}$$

Transformando este problema en uno de cálculo de variaciones, se tiene que:

$$Max\,V = \int_0^T u\left(-\dot{S}\right) e^{-r \cdot t} \cdot dt$$

Sujeto a:

$$S(0) = S_0$$

La trayectoria óptima de extracción del recurso se obtiene mediante la ecuación diferencial de Euler:

$$I(S, \dot{S}, t) = u\left(-\dot{S}\right) e^{-r \cdot t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial S} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{S}}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial S} = 0$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{S}} = -u_q' \cdot e^{-r \cdot t}$$

Pero:

$$u_q' = \frac{\partial}{\partial q}\left[\int_0^q P \cdot dq\right] = P$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{S}} = -P \cdot e^{-r \cdot t}$$

La ecuación diferencial de Euler queda entonces como:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(P \cdot e^{-r \cdot t}\right) = 0$$

$$P \cdot e^{-r \cdot t} = cte = P_0$$

Por lo tanto:

$P(t) = P_0 \cdot e^{r \cdot t}$ que es idéntico al equilibrio competitivo

La concusión de Hotelling es que un equilibrio competitivo en los Recursos Naturales no

renovables conduce a un óptimo social. Existe un isomorfismo entre la maximización del excedente social y un equilibrio competitivo con derechos de propiedad bien definidos.

La maximización del excedente del consumidor y del productor conduce a una trayectoria de precios y producción que es idéntica de la que se obtendría con un equilibrio competitivo.

Una implicación interesante de este equilibrio competitivo, es que ello no es igual a precio = costo marginal, que es la condición de equilibrio en el resto de los sectores. Como el precio neto es igual a la diferencia entre el precio y el costo marginal:

$$P(t) = \text{Precio} - \text{CMa}$$

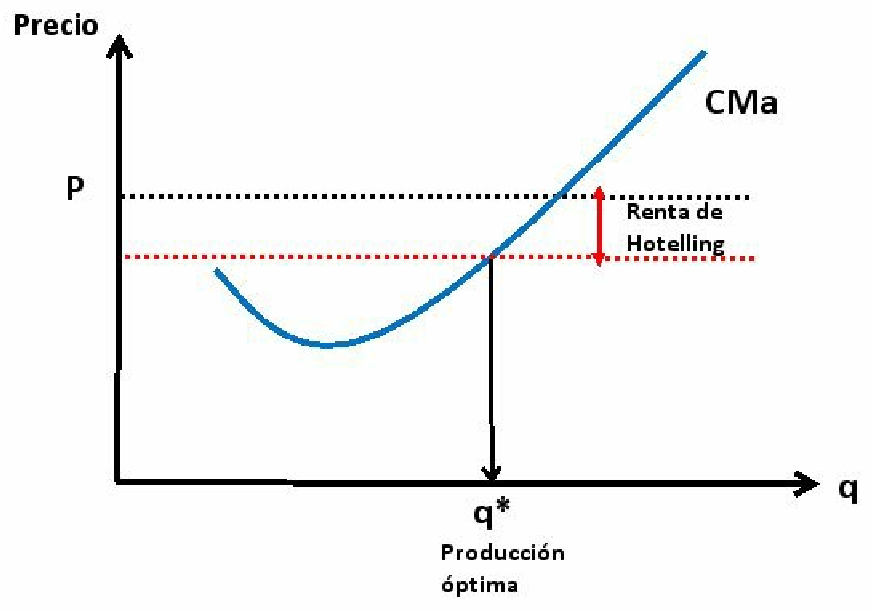
$$P(t) = P_0 \cdot e^{r \cdot t}$$

$$\text{Precio} = \text{CMa} + P_0 . e^{r \cdot t}$$

Este término $P_0 \cdot e^{r \cdot t}$ es la “Renta de Hotelling”. En la figura 49 se ve este equilibrio. Al precio hay que restarle la “Renta de Hotelling” para determinar la estrategia de producción óptima.

Cuando los derechos de propiedad no están bien definidos, se rompe este equilibrio. Esto puede generar un derroche de recursos en el corto plazo. Esto se produce, por ejemplo, cuando al descubrir un gran yacimiento petrolero existan muchas compañías con torres petroleras bombeando del mismo pozo. Los incentivos son a bombear lo antes posible, antes que lo saquen los otros. En este caso, las compañías petroleras igualarán el precio al costo marginal, y habrá una sobre-extracción del recurso desde un punto de vista social.

Figura 49. Equilibrio competitivo con Renta de Hotelling



Lo mismo ocurre cuando una compañía extranjera percibe riesgos de expropiación. Las empresas petroleras occidentales tenían grandes concesiones de petróleo en Arabia e Irán, y comenzaron a sospechar que podrían ser nacionalizadas (como efectivamente lo fueron). Sus incentivos eran a bombear todo el petróleo posible, lo cual mantuvo durante muchos años el precio constante, a razón de US$ 3 /barril.

¿Qué ocurre si se descubre que existen más reservas del recurso que lo que se pensó originalmente? Nuevos descubrimientos indican que el stock de reservas naturales existentes es

$S_1 > S_0$.

En este caso hay que resolver todo el problema de nuevo, pero con más recursos naturales. Se obtiene una nueva trayectoria, con un precio neto menor, P_1, y con un tiempo de agotamiento del recurso mayor, T_1. Apenas el mercado conoce la existencia de estas mayores reservas el precio cae y "salta" a la nueva trayectoria, que es consistente con la nueva información.

¿Qué ocurre si las nuevas reservas encontradas son tan enormes, que el tiempo de agotamiento óptimo es de varios miles de años? En este caso la "renta de Hotelling" tiende a cero, y la estrategia óptima para las minas es igualar el precio al costo marginal. El precio neto del recurso tiende a cero. En este caso, este recurso natural pasa a operar exactamente igual que el resto de los bienes normales de la economía.

¿Qué ocurre si surge una nueva tecnología que reduce el costo de extracción y producción del recurso natural? En este caso, una nueva tecnología permite producir con un costo menor $CMa_1 < CMa_0$.

Nuevamente hay que resolver todo el problema de nuevo, pero con costos menores. Se obtiene una nueva trayectoria, con un precio final menor, pero un precio neto mayor para las minas, P_1. Al bajar el precio final, aumenta la cantidad anual extraída y disminuye el tiempo de agotamiento, $T_1 < T_0$.

¿Qué ocurre si aumenta la demanda presente y futura por el recurso natural? Se descubren nuevos usos para el recurso natural, lo que desplaza la curva de demanda hacia la derecha. Hay que resolver el problema con una curva de demanda más alta. En la nueva trayectoria aumenta el precio, así como el precio neto, y disminuye el tiempo de agotamiento del recurso: $P_1 > P_0$ y $T_1 < T_0$. La cantidad anual extraída aumenta. Lo contrario ocurre si se descubre un sustituto, que reduce la demanda presente y futura.

¿Qué ocurre si aparecen nuevas reservas, pero con un costo de extracción sustancialmente mayor? En este caso se tienen dos clases de reservas: S_0 y S_1, con costos de extracción muy distintos: $C_0 < C_1$.

Nuevamente hay que resolver el problema desde cero. Como aumentan las reservas disponibles el precio final cae inmediatamente, así como el precio neto. La estrategia óptima es explotar primero las minas con costos menores, y cuando estas se hubieran agotado, seguir con las de costo mayor. En el nuevo óptimo hay dos tiempos de agotamiento: T_1 es el tiempo de agotamiento de las minas con costos menores, y T_2 es el tiempo de agotamiento de las minas con costos mayores. Existe un precio neto P_0 para las minas de costos bajos y un precio neto distinto, P_1, para las minas con costos altos. La relación de ambos precios netos se obtiene de la continuidad del precio final, en el momento que se agoten las minas de costos bajos:

$$C_0 + P_0 \cdot e^{r \cdot T_1} = C_1 + P_1$$ (Ecuación 7.6)

No conviene que entren a operar las minas de costos de producción más altos, hasta que se hubiesen agotado las minas de costos de producción más bajos. Sin embargo, su mera existencia, altera la trayectoria de precios de las minas que se están explotando. El precio neto para la segunda clase de minas es:

$$P_1 = P_0 \cdot e^{r \cdot T_1} - (C_1 - C_0)$$

$$P(t) = P_1 \cdot e^{r\cdot(t-T_1)} \quad \text{para} \quad T_1 \geq t \leq T_1 + T_2$$

¿Cómo se generaliza la respuesta anterior si hay N clases de minas diferentes, con costos de producción crecientes: $C_0 < C_1 < C_2 < \ldots < C_N$? Cada una de estas minas tiene un monto de reservas conocidas: $S_0, S_1, S_2, \ldots, S_N$.

En el óptimo, siempre es conveniente operar las minas con costos más bajos primero, y luego seguir con la de costos mayores, y así sucesivamente. Conviene agotar primero las minas con costos más bajos, hasta agotarlas en un tiempo T_1; para enseguida entrar a operar con las minas de costo mayor, C_1, y una vez que estas se hayan agotado en un tiempo T2, seguir con las minas de costo C_2. Cada una de estas categorías de minas opera con un precio neto diferente. La relación entre los precios netos se cumple de la continuidad del precio final en el momento de que se agoten las reservas de cada categoría de minas:

$$C_0 + P_0 \cdot e^{r\cdot T_1} = C_1 + P_1$$

$$C_1 + P_1 \cdot e^{r\cdot T_2} = C_2 + P_2$$

$$C_2 + P_2 \cdot e^{r\cdot T_3} = C_3 + P_3$$

…...

$$C_{N-1} + P_{N-1} \cdot e^{r\cdot T_N} = C_N + P_N$$

La evolución del precio final del recurso, PR(t), es consistente con la evolución del precio neto de cada categoría de minas en forma exponencial:

$$PR(t) = C_0 + P_0 \cdot e^{r\cdot t} \quad \text{para} \quad 0 \geq t \geq T_1$$

$$PR(t) = C_1 + P_1 \cdot e^{r\cdot(t-T_1)} \quad \text{para} \quad T_1 \geq t \geq T_1 + T_2$$

$$PR(t) = C_2 + P_2 \cdot e^{r\cdot(t-T_1+T_2)} \quad \text{para} \quad T_1 + T_2 \geq t \geq T_1 + T_2 + T_3$$

…….

$$PR(t) = C_N + P_N \cdot e^{r\cdot\left(t-\sum_{j=1}^{N} T_j\right)} \quad \text{para} \quad \sum_{j=1}^{N} T_j \geq t \geq \sum_{j=1}^{N+1} T_j$$

¿Qué ocurre si se descubre un compuesto sintético del recurso natural, en que se puede producir cantidades ilimitadas a un costo marginal C_1? Esto es lo que ocurrió en el pasado con el salitre natural, cuando se descubrió el proceso Haber-Bosch para producir salitre sintético. Es

también lo que podría ocurrir a futuro con el petróleo natural, cuando sea reemplazado por el petróleo sintético, cuya forma de fabricación ya está inventada, pero el costo de producción es muy alto.

En este caso aparece una forma de producir el recurso natural a un costo marginal C_1. Si este costo marginal es menor que el precio que corta el eje vertical de la curva de demanda (el precio que hace que la demanda mundial por este recurso sea cero), entonces este proceso productivo alterará todo el equilibrio actual. Si este costo marginal C_1 es mayor que el precio que reduce la demanda a cero, no será relevante en términos económicos, y no pasará nada.

Suponiendo que el costo de producción C_1 es menor que el precio de corte del eje vertical, pero mayor que el costo de producción actual, C_0, entonces se reducirá el tiempo óptimo de agotamiento, T_1, de las minas actuales. El precio caerá inmediatamente, así como el precio neto, y el recurso natural debe empezar e explotarse en forma más rápida. El consumo y la producción de este recurso aumentan. El nuevo precio neto y el nuevo tiempo de agotamiento del recurso guardan relación con el costo marginal de producción del nuevo proceso:

$$C_0 + P_0 \cdot e^{r \cdot T_1} = C_1$$

El precio final subirá hasta llegar al tiempo de agotamiento del recurso natural, T_1, y a partir de ese momento, el precio final se mantendrá constante, al nivel del costo marginal de producción del proceso sintético. Es probable que esta sea la trayectoria futura del precio del petróleo.

$$PR(t) = C_0 + P_0 \cdot e^{r \cdot t} \quad \text{para} \quad 0 \geq t \leq T_1$$

$$PR(t) = C_1 \quad \text{para} \quad t \geq T_1$$

Si el costo de producción del proceso sintético, C_1, es inferior al costo de producción del recurso natural actual, C_0, entonces el precio final cae al nivel del costo marginal del proceso sintético, y las minas existentes tienen que cerrar. Este sector opera a precio igual a costo marginal desde ahí en adelante. Esto fue lo que ocurrió con el descubrimiento del proceso Haber-Bosch de salitre sintético. Su costo de producción fue inferior al costo del proceso Shanks para extraer salitre natural. Chile poseía el 90 % de las reservas mundiales de salitre natural, cuando se hizo este descubrimiento. Todas las minas que utilizaban el proceso Shanks tuvieron que cerrar, lo que generó una enorme crisis a la economía chilena, que prácticamente vivía del salitre. Tan solo las pocas minas que habían adoptado el más eficiente proceso Guggenheim fueron capaces de sobrevivir.

Cuadro 14. Reservas de Minerales en 2019

	Unidad	Reservas Mundiales	Ritmo de Extracción	Tiempo de Agotamiento años
Cobre	Millones Ton	837	21	40
Petróleo	M Millones Barriles	1.730	35	50
Oro	Ton	50.000	3.531	14
Plata	Ton	560.000	27.000	21
Aluminio	Millones Ton	29.000	220	132
Litio	Miles Ton	80.000	154	519
Hierro	Millones Ton	73.000	2.200	33
Carbón	Millones Ton	480.000	8.000	60

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 14 se presentan las reservas mundiales encontradas hasta 2019, y el ritmo de extracción de estos minerales, con un tiempo de agotamiento estimado, si se mantiene el ritmo de extracción de 2019. Las reservas de minerales tienden a variar en el tiempo, no solo por la extracción, sino también por el descubrimiento de nuevos yacimientos, o por el progreso técnico, que vuelve económicamente viables a yacimientos que antes no lo eran.

¿Qué ocurriría si alguno de estos minerales fuera un monopolio a nivel mundial? En el caso del petróleo, se formó un cartel petrolero llamado OPEP, que intentó generar un equilibrio monopólico de este recurso energético.

La teoría usual del monopolio trata de maximizar

$$\pi = P \cdot q$$

en que P es el precio neto (Precio menos Costo marginal).

En este caso hay que maximizar el valor presente de las utilidades monopólicas, sujeto a la restricción del monto de recursos disponibles. El problema es:

$$MaxV = \int_0^T P(q) \cdot q \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

Sujeto a:

$$\int_0^T q \cdot dt = S_0 \quad \text{y} \quad q = -\dot{S}$$

Transformando este problema en uno de cálculo de variaciones, se tiene:

$$MaxV = \int_0^T -\dot{S} \cdot P(-\dot{S}) \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

Sujeto a:

$$S(0) = S_0$$

La solución de este problema se obtiene al resolver la ecuación diferencial de Euler:

$$I(S, \dot{S}, t) = -\dot{S} \cdot P\left(-\dot{S}\right) e^{-r \cdot t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial S} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{S}}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial S} = 0$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{S}} = e^{-r \cdot t} \cdot \frac{\partial (P \cdot q)}{\partial q}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(e^{-r \cdot t} \cdot \frac{\partial (P \cdot q)}{\partial q} \right) = 0$$

$$e^{-r \cdot t} \cdot \frac{\partial (P \cdot q)}{\partial q} = cte = a_0$$

$$\frac{\partial (P \cdot q)}{\partial q} = IMa - CMa = a_0 \cdot e^{r \cdot t}$$

$$IMa = CMa + a_0 \cdot e^{r \cdot t}$$ (Ecuación 7.7)

En este caso, también se produce una diferencia con el equilibrio estático del monopolio tradicional. El óptimo de producción se obtiene al igualar el ingreso marginal al costo marginal más una “renta de Hotelling”.

Si se considera un caso particular con elasticidad-precio constante de la demanda, e igual a ε, se puede llegar a una expresión directa de la evolución del precio:

$$IMa = PR(t) \cdot \left[1 - \frac{1}{\varepsilon} \right]$$

$$PR(t) = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot CM_a + \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot a_0 \cdot e^{r \cdot t}$$ (Ecuación 7.8)

En la ecuación 7.8, la elasticidad-precio debe ser mayor que uno, como lo requiere cualquier equilibrio monopólico.

Como el precio es necesariamente más alto que en una situación de competencia, la cantidad extraída disminuye, y el tiempo de agotamiento se alarga. ¡Los monopolios tienden a conservar el recurso más allá del óptimo social!

Cuando existe algún grado de poder monopólico, como en el caso del cartel petrolero, el precio será más alto que el nivel competitivo, pero más bajo que un monopolio puro (Se podría analizar como un equilibrio con firma dominante). En este caso, se puede presumir también, que el recurso se está preservando más allá del óptimo social.

Ejercicio de Recurso Natural no Renovable

“Suponga que la demanda mundial de un Recurso Natural no Renovable toma una forma lineal:

$$q = a - b \cdot PR$$

El stock del recurso es S y el costo de producción es constante e igual a C. La tasa de interés es r. El Recurso Natural es provisto en forma competitiva. i) Obtenga el tiempo de agotamiento del recurso. ii) Obtenga la trayectoria de precios del recurso.”

Respuesta:

Al momento de agotamiento del recurso, T, la cantidad demandada debe ser cero. Esto se

produce cuando el precio alcanza un nivel igual al parámetro a/b:

$$PR(T) = \frac{a}{b}$$

$$PR(T) = C + P_0 \cdot e^{r \cdot T} = \frac{a}{b}$$

Esto da una ecuación con dos incógnitas: P_0 y T.

La segunda ecuación es la restricción de la cantidad del stock de recurso:

$$\int_0^T q \cdot dt = \int_0^T \left(a - b \cdot \left[C + P_0 \cdot e^{r \cdot t}\right]\right) dt = S$$

$$(a - b \cdot C) \cdot T - \left(\frac{b \cdot P_0}{r}\right) \cdot \left(e^{r \cdot T} - 1\right) = S$$

De estas dos ecuaciones y dos incógnitas se puede despejar P_0 y T.

El tiempo de agotamiento se despeja por métodos numéricos de la ecuación implícita:

$$r \cdot T + e^{-r \cdot T} = 1 + \frac{r \cdot S}{\left(\frac{a}{b} - C\right)}$$

Por ejemplo, si a = 48, b = 0,4, r = 6%, C = 20 y S = 1.730, entonces

$T = 35{,}9$ años (obtenido mediante el método de Newton Raphson).

Una vez conocido el tiempo de agotamiento se obtiene P_0:

$$P_0 = \left(\frac{a}{b} - C\right) \cdot e^{-r \cdot T}$$

Con los parámetros anteriores se obtiene:

$$P_0 = 11{,}6$$

Con ello se puede determinar la trayectoria de precios:

$$PR(t) = C + P_0 \cdot e^{r \cdot t}$$

Que con los parámetros anteriores da:

$$PR(t) = 20 + 11{,}6 \cdot e^{0{,}06 \cdot t}$$

7.2 Recursos Naturales Renovables

Los Recursos Naturales Renovables son aquellos en que el stock de capital natural puede mantenerse indefinidamente con inversiones apropiadas.

Esto incluye el caso de la Tierra, que se ve agotada al perder sus nutrientes con los cultivos, pero que puede ser recuperada con inversión en abono y fertilizantes, y la práctica de la rotación de cultivos. También incluye los Bosques, cuyo stock de capital es disminuido por la corta de árboles, pero que puede ser incrementado mediante el replante y dejando un tiempo suficiente para que el recurso vuelva pueda volver a crecer. Otro ejemplo son las Praderas Naturales, que son depredadas por el ganado, pero que pueden recuperarse si se deja tiempo de descanso suficiente para que el pasto vuelva a crecer.

Un importante es el de las Pesquerías, en el cual el stock de recursos pesqueros – la biomasa pesquera – se reduce con la captura de peces, pero que puede recuperarse si se deja que nazcan nuevos peces y se les da tiempo suficiente para crecer y desarrollarse.

“La tragedia de los comunes”

“The tragedy of the commons” es el nombre con que se conoce en la literatura económica un grave problema que ocurrió en Inglaterra. Todas las zonas rurales de Inglaterra tenían un gran espacio común donde la gente pastaba sus ganados: los “common pastures”.

Como “lo que es de todos no es de nadie”, estas zonas se saturaban de ganado que depreciaban los pastizales hasta que no quedaba ni una brizna de pasto. Con el pasar del tiempo, estos pastizales comunes terminaron por volverse improductivos por sobre-uso del recurso.

La solución al problema de los “common pastures” de Inglaterra se logró al privatizar estas tierras e introducir derechos de propiedad sobre ellas. Al existir derecho de propiedad, los dueños tenían los incentivos correctos a cuidar el recurso e impedir que se sobre-utilizara.

Otro problema parecido al de las “common pastures” se da en las Pesquerías. Los pescadores saben que, si no capturan un pez, es muy probable que otro lo pesque. Por ello no tienen ningún incentivo a conservar la biomasa pesquera.

Esta situación de las Pesquerías, sin derechos de propiedad sobre el recurso, lleva en forma natural hacia la depredación y el agotamiento del recurso natural pesquero. Ello se vio agravado algunas veces, con la apertura del comercio exterior. Países como Perú y Chile, que contaban con fuertes ventajas comparativas en productos del mar, al abrir sus economías al resto del mundo, comenzaron a exportar peces y mariscos en forma importante. Con ello la biomasa pesquera se vio fuertemente impactada. Algunos mariscos, como el loco, el ostión, las machas, y otros, que se conservaban en forma natural con una economía cerrada, ya que el consumo doméstico no era suficiente para poner la biomasa natural en peligro, vieron que estos recursos eran depredados cuando se abrió el potencial de exportación hacia el resto del mundo.

Algunos países han utilizado el mecanismo de las “vedas” – prohibición de extraer determinados recursos pesqueros – durante algún tiempo para permitir que su biomasa se recupere en forma natural. También se ha utilizado la fijación de cuotas de captura en un intento por controlar la evolución de la biomasa pesquera.

El gran problema de la falta de derechos de propiedad, es que los incentivos son incorrectos.

Si un pescador consciente reduce su esfuerzo de pesca para permitir que la biomasa se recupere, el pescador vecino preferirá pescar lo que el otro no pescó ya que, si lo deja en el fondo marino, otro se lo llevará.

Tan solo si hubiera derechos de propiedad sobre el fondo marino, existirían incentivos correctos para conservar las distintas especies. El problema es que los peces nadan y se mueven de un lado a otro. Podría funcionar con los mariscos, pero para que funcione con los peces, estos tendrían que permanecer en el mismo fondo marino y no migrar a otras partes. Como ello no ocurre, tampoco es solución instituir derechos de propiedad sobre porciones del fondo marino.

En el caso de Chile, se introdujeron "cuotas de captura" generales sobre determinadas especies. Sin embargo, esto también produjo ineficiencias sobre la asignación de recursos. Las flotas pesqueras sobre-invirtieron en barcos y esfuerzo de pesca para poder capturar lo más posible antes de que se llegara a la cuota fijada. Esto dio origen a lo que algunos denominaron "la carrera olímpica". En definitiva, se desechó la cuota general, y se ensayó el otorgamiento de "cuotas por embarcación registrada". Sin embargo, esto también causó ruido en la opinión pública, ya que estas "cuotas" se entregaron por consideraciones de "derechos históricos", y no en licitaciones competitivas de estos derechos.

Al instaurar "cuotas de captura", si ello se hace bien, se puede lograr recuperar la biomasa, lo que permite una revalorización del Recurso Pesquero. Estos ingresos se transfieren en la práctica a los que detentan las "cuotas". Si estas "cuotas" no se licitan en forma competitiva, se están "regalando" recursos importantes de toda la sociedad.

El modelo pesquero de Gordon-Schaefer

Este modelo fue desarrollado por H. Gordon (1954) y M. Schaefer (1954) para caracterizar el equilibrio de una biomasa pesquera, y su interacción con los esfuerzos de pesca.

Gordon y Schaefer suponen un comportamiento logístico de la biomasa pesquera, B, siguiendo una ecuación diferencial autocatalítica, que depende de la capacidad biológica máxima, K, y de un parámetro g, que regula la capacidad de crecimiento del recurso pesquero:

$$\dot{B} = g \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{K}\right)$$

(Ecuación 7.9)

Si no se capturan peces, la biomasa pesquera evolucionará en forma logística hacia la capacidad biológica máxima, K. En efecto:

$$\frac{dB}{dt} = g \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{K}\right)$$

$$\int_{B_0}^{B} \frac{dB}{g \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{K}\right)} = \int_0^t dt$$

$$B(t) = \frac{K}{1 - \left(1 - \frac{K}{B_0}\right) \cdot e^{-g \cdot t}}$$

(Ecuación 7.10)

$$\lim_{t \to \infty} B(t) = K$$

Bajo un régimen de explotación pesquera, esta trayectoria es interrumpida. Schaefer (1954)

introduce la ecuación que regula la captura de peces, Q, con el esfuerzo pesquero, al hacerla proporcional al esfuerzo, E, y a la biomasa, B.

$$Q = \alpha \cdot B \cdot E$$ (Ecuación 7.11)

Cuando hay captura, la evolución de la biomasa cambia a:

$$\dot{B} = g \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{K}\right) - Q$$ (Ecuación 7.12)

Cuando la población está en equilibrio:

$$\dot{B} = 0$$

$$Q = g \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{K}\right)$$

Reordenando miembros se tiene que:

$$\frac{Q}{g \cdot B} + \frac{B}{K} = 1$$

Reemplazando la ecuación de captura 7.11:

$$\frac{\alpha \cdot B \cdot E}{g \cdot B} + \frac{B}{K} = 1$$

Con esto se obtiene la biomasa de equilibrio para un esfuerzo de captura determinado:

$$B_{eq} = \left(1 - \frac{\alpha \cdot E}{g}\right) \cdot K$$ (Ecuación 7.13)

En consecuencia, la captura de peces está dada por:

$$Q = \alpha \cdot E \cdot \left(1 - \frac{\alpha \cdot E}{g}\right) \cdot K$$ (Ecuación 7.14)

Esto genera una parábola en función del esfuerzo de pesca. La parábola muestra su máximo rendimiento biológico cuando:

$$\frac{dQ}{dE} = 0 = \alpha \cdot K - \frac{2 \cdot \alpha^2 \cdot E}{g} \cdot K$$

$$E^* = \frac{g}{2 \cdot \alpha}$$ (Ecuación 7.15)

$$Q^* = \frac{g \cdot K}{2} \cdot \left(1 - \frac{g}{2}\right)$$ Óptimo biológico(Ecuación 7.16)

Gordon define que hay varios equilibrios posibles. Un equilibrio, es el óptimo biológico anterior, donde se hace máxima la captura de peces. Otro equilibrio posible, es el de acceso abierto, en el que entran todos los pescadores que desean. Las utilidades pesqueras son:

$$\pi = P \cdot Q - c \cdot E$$

En el que c es el costo marginal (y medio) por unidad de esfuerzo. Si hay libre acceso, los pescadores entrarán hasta que:

$$\pi = P \cdot Q - c \cdot E = 0$$

El hecho de que entren pescadores hasta que las utilidades económicas sean cero, es la razón que esgrime Gordon por la cual los pescadores están condenados a ser pobres. Se repite el problema de "la tragedia de los comunes". Esto puede dar origen a una situación de sobre-pesca que perfectamente puede poner la biomasa en peligro.

$$B_{LA} = \frac{c}{\alpha \cdot P}$$ (Ecuación 7.17)

$$E_{LA} = \frac{g}{\alpha} \cdot \left(1 - \frac{c}{P \cdot \alpha \cdot K}\right)$$ (Ecuación 7.18)

$$Q_{LA} = \frac{g \cdot c}{P \cdot \alpha} \cdot \left(1 - \frac{c}{P \cdot \alpha \cdot K}\right)$$ Libre Acceso(Ecuación 7.19)

Efectivamente, si el precio, P, del recurso aumenta, también lo hace el esfuerzo de pesca, lo cual reduce la biomasa, pudiendo ponerla en peligro.

Según Gordon, también hay un tercer equilibrio posible, que sería el que se logra entregando derechos de propiedad sobre el fondo marino.

En este caso, la empresa que consiguiera los derechos de propiedad, seguiría una estrategia de maximización de utilidades:

$$\frac{d\pi}{dE} = 0 = P \cdot \alpha \cdot K - P \cdot \alpha^2 \cdot K \cdot \frac{E}{g} - c$$

$$E_{OPT} = \frac{g \cdot (P \cdot \alpha \cdot K - c)}{2 \cdot P \cdot \alpha^2 \cdot K}$$ (Ecuación 7.20)

Esto es equivalente a tener $\frac{d(P \cdot Q)}{dE} = c$

$$B_{OPT} = \frac{K}{2} - \frac{c}{2 \cdot P \cdot \alpha}$$ (Ecuación 7.21)

$$Q_{OPT} = \frac{g \cdot K}{4} \cdot \left(1 - \frac{c}{P \cdot \alpha \cdot K}\right)^2$$ Óptimo Social(Ecuación 7.22)

El óptimo económico es también el óptimo social, ya que coincidiría con la política que maximiza el excedente de la sociedad.

El equilibrio de libre acceso es ineficiente económicamente y biológicamente. Desde un punto de vista económico, se puede obtener la misma captura con muchísimo menor esfuerzo pesquero, al operar en el punto creciente de la parábola, en lugar del punto decreciente. Desde un punto de vista biológico, se está generando una fracción del potencial que puede dar el recurso.

En la figura 50 se ve en forma gráfica, la curva parabólica del rendimiento del esfuerzo pesquero, con los tres equilibrios posibles:

El óptimo económico se puede ver en forma gráfica en el punto donde la tangente de la curva P·Q es igual a c. El beneficio marginal del esfuerzo es exactamente igual al costo marginal del esfuerzo. Por lo tanto, la sociedad obtiene en el margen lo mismo que gastó en recursos para obtenerlo.

El óptimo biológico no es óptimo desde un punto de vista social, ya que en el margen la sociedad está gastando más recursos que lo que valora lo que recibe a cambio.

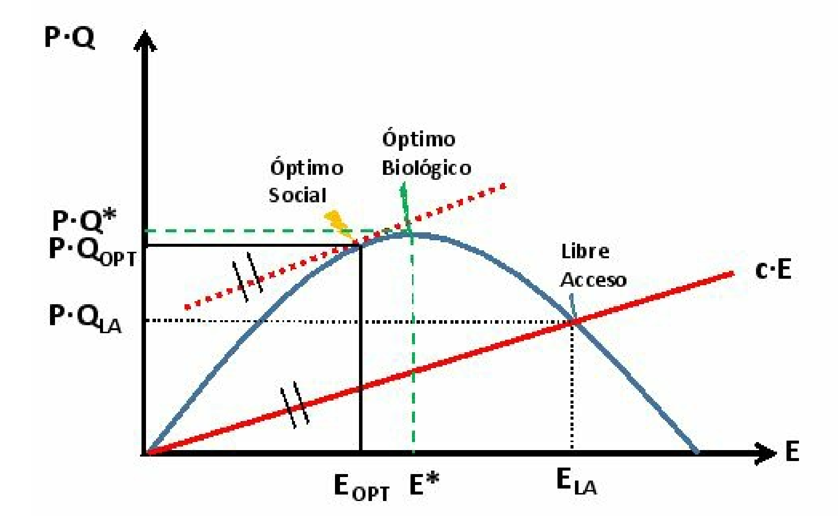


Figura 49. Equilibrio pesquero en modelo de Gordon

¿Cómo se puede alcanzar el óptimo social? Los derechos de propiedad sobre los recursos pesqueros normalmente no están definidos, lo que conduce en forma natural hacia un equilibrio de libre acceso.

El equilibrio de libre acceso conduce muchas veces a una situación de sobre-pesca, que pone a la biomasa en peligro de extinción. Muchos países introducen regulaciones en la forma de otorgamiento de permisos de pesca, establecimiento de periodos de veda, y a veces fijación de cuotas anuales de captura para ciertas especies.

También se fija el tamaño mínimo que tienen que tener ciertas especies para ser pescadas, de otra forma, se les devuelve al agua. Vernon Schmidt (1969) analiza el equilibrio pesquero con restricción de tamaño mínimo para los peces.

Alcanzar el óptimo social requeriría fijar derechos de propiedad sobre el fondo marino, y asignarlo de forma apropiada. Pero esto tampoco es una solución, ya que peces se mueven de un lugar a otro.

Una forma de solución es calcular a nivel estatal, cuotas óptimas de producción y licitar esta cuota entre las empresas. Esto se topa muchas veces, con organizaciones de pescadores artesanales chicos, que insisten en mantener el libre acceso. Se puede asignar una franja costera en exclusiva para los pescadores artesanales, incentivando a que formen cooperativas, para que traten de maximizar en conjunto el excedente económico de esas franjas. De esa franja en adelante, lo ideal es licitar fracciones de la cuota global entre las empresas pesqueras, intentando replicar el óptimo social.

Ejercicio de Recurso Natural Renovable

“En un fondo marino existe una biomasa pesquera que se estima en 100.000 toneladas. Se cree que su capacidad biológica máxima es del doble de esa cantidad. Hay 10 barcos pesqueros que están sacando 250 toneladas por año cada uno. El precio obtenido por los pescadores es de US$ 10 por kilo. El costo anual equivalente de cada barco, con su respectiva tripulación, es de un millón de dólares anuales. La tasa de crecimiento del recurso se estima en 2 % anual. i) Calcule el equilibrio de libre acceso en términos de la cantidad de barcos pesqueros, la captura anual y la biomasa de equilibrio. ii) Calcule el óptimo social en términos de la cantidad de barcos

pesqueros, la captura anual y la biomasa de equilibrio. iii) Si se licita la cuota óptima en una forma competitiva ¿cuánto dinero se puede obtener? iv) ¿Cuál es su recomendación a las autoridades?”

Respuesta:

Los datos del problema son los siguientes:

B = 100.000 K = 200.000 E = 10 P = 10.000 C = 1.000.000 Q = 2.500 g = 0,02

De la ecuación 7.11 se obtiene α:

$$Q = \alpha \cdot B \cdot E$$

$$2.500 = \alpha \cdot 100.000 \cdot 10$$ α = 0,0025

El equilibrio de libre acceso es:

$$E_{LA} = \frac{g}{\alpha} \cdot \left(1 - \frac{c}{P \cdot \alpha \cdot K}\right)$$

$$E_{LA} = \frac{0{,}02}{0{,}0025} \cdot \left(1 - \frac{1.000.000}{10.000 \cdot 0{,}0025 \cdot 200.000}\right) = 6{,}4$$

El equilibrio de libre acceso son seis barcos. Actualmente hay demasiados, lo cual da origen a una depredación del recurso.

$$B_{LA} = \frac{c}{\alpha \cdot P}$$

$$B_{LA} = \frac{1.000.000}{0{,}025 \cdot 10.000} = 40.000$$

De continuar la extracción actual, la biomasa actual se reducirá en 60 %, lo que originará que los barcos pierdan dinero hasta que se retiren 4.

$$Q_{LA} = \frac{g \cdot c}{P \cdot \alpha} \cdot \left(1 - \frac{c}{P \cdot \alpha \cdot K}\right)$$

$$Q_{LA} = \frac{0{,}02 \cdot 1.000.000}{10.000 \cdot 0{,}0025} \cdot \left(1 - \frac{1.000.000}{10.000 \cdot 0{,}0025 \cdot 200.000}\right) = 640$$

En el equilibrio de libre acceso existirán seis barcos, que capturarán en total 640 toneladas anuales.

El óptimo social de este fondo marino se obtiene de las ecuaciones 7.20, 7.21 y 7.22:

$$E_{OPT} = \frac{g \cdot (P \cdot \alpha \cdot K - c)}{2 \cdot P \cdot \alpha^2 \cdot K}$$

$$E_{OPT} = \frac{0{,}02 \cdot (10.000 \cdot 0{,}0025 \cdot 200.000 - 1.000.000)}{2 \cdot 10.000 \cdot (0{,}0025)^2 \cdot 200.000} = 3{,}2$$

El óptimo social es que los barcos pesqueros sean solo 3.

$$B_{OPT} = \frac{K}{2} - \frac{c}{2 \cdot P \cdot \alpha}$$

$$B_{OPT} = \frac{200.000}{2} - \frac{1.000.000}{2 \cdot 10.000 \cdot 0{,}0025} = 80.000$$

La biomasa de equilibrio, con un esfuerzo social óptimo, es un 20 % menor que la biomasa actual.

$$Q_{OPT} = \frac{g \cdot K}{4} \cdot \left(1 - \frac{c}{P \cdot \alpha \cdot K}\right)^2$$

$$Q_{OPT} = \frac{0{,}02 \cdot 200.000}{4} \cdot \left(1 - \frac{1.000.000}{10.000 \cdot 0{,}0025 \cdot 200.000}\right)^2 = 640$$

La captura anual óptima es de 640 toneladas (Es la misma del libre acceso, pero una está en la parte ascendente de la parábola y la otra en la parte descendente).

Si se licita competitivamente esta cuota anual de 640 toneladas y se asigna a los tres barcos pesqueros que más ofrezcan se podría llegar a recaudar hasta el monto de las utilidades económicas:

$$\pi = P \cdot Q - c \cdot E$$

$$\pi = 10.000 \cdot 640 - 1.000.000 \cdot 3 = 3.400.000$$

Se podría llegar a recaudar hasta 3,4 millones de dólares por las cuotas pesqueras.

La recomendación a las autoridades es que traten de replicar el óptimo social. Que fijen una cuota anual de 640 toneladas, y la liciten competitivamente, asignándola en partes iguales a los tres barcos que ofrezcan más. Se puede usar un remate holandés, por ejemplo. Cada barco entrega la oferta más alta que está dispuesta a pagar por su cuota, y se asigna a los tres barcos que más ofrecieron, cobrándoles a todos, el valor de la tercera oferta más alta.

Referencias del Capítulo

- Harold Hotelling, “The Economics of Exhaustible Resources”, 1931, Journal of Political Economy.
- H. Scott Gordon, “Economic Theory of a Common Property resources: the Fishery”, 1954, Journal of Political Economy.
- M.B. Schaefer, “Some aspects of the Dynamics of Population important to the Management of the Commercial Marine Fisheries”, 1954, reprinted in 1991 in Bulletin of Mathematical Biology.
- Vernon L. Schmidt, “On Models of Commercial Fishing”, 1969, Journal of Political Economy.

CAPITULO 8. INSTITUCIONES Y CAPITAL SOCIAL

Instituciones

Las instituciones son las "reglas del juego" en una sociedad. El premio Nobel de economía, Douglass North (1981) define las instituciones como el conjunto de limitaciones ideadas y autoimpuestas por las sociedades. Estas limitaciones estructuran toda la interacción económica, política y social. Las instituciones, no son necesariamente organizaciones formales, sino que pueden ser costumbres establecidas. Las instituciones proporcionan una infraestructura que sirve a los seres humanos para crear orden y reducir la incertidumbre.

Se pueden clasificar las instituciones en dos categorías:

1) Restricciones informales dadas por tabúes, usos y costumbres, tradiciones, y "códigos de conducta".
2) Restricciones formales, dadas por leyes explícitas y a veces sustentadas en organizaciones formales creadas para el efecto de imponerlas.

Las finalidades de las instituciones son las siguientes:

- Crear orden y reducir la incertidumbre.
- Eliminar la violencia y reducir los espacios de conflictos.
- Proporcionar una estructura de incentivos al comportamiento de los individuos.
- Regular y dar un marco de acción y comportamiento a las personas.
- Proteger la familia, el derecho de propiedad y el Estado.
- Proteger la libertad de las personas.
- Asegurar la justicia.
- Asegurar el cumplimiento de ciertos derechos.
- Reducir los costos de transacción.

De acuerdo a su distinta naturaleza, estas restricciones se pueden clasificar como:

- Instituciones sociales
- Instituciones legislativas
- Instituciones jurídicas
- Instituciones políticas
- Instituciones económicas
- Instituciones religiosas
- Instituciones éticas y morales

Max Weber (1905) fue el primero en explorar las virtudes morales y los valores éticos que tenían que darse para que se produjera el desarrollo económico. Virtudes como el trabajo duro, una actitud hacia el ahorro, el individualismo, la obtención de riqueza como una virtud, y la honradez en las transacciones económicas, estaban muy enraizadas en el protestantismo cristiano, y según Weber no fue casualidad, que precisamente protestantes los primeros países que emprendieron su marcha hacia el desarrollo económico. Según Weber, la religión era el

factor más importante para explicar los valores éticos que gobernaban cada sociedad.

Varios autores modernos como Vogel, Pye y Holzer identificaron raíces culturales similares a los identificados por Weber en la ética confuciana. La ética confuciana fue muy importante en estimular el desarrollo en algunos países asiáticos. Nuevamente es el respeto, la etiqueta (Li), el cumplimento de la palabra empeñada y una fuerte actitud hacia el ahorro, los valores claves.

Las instituciones, en conjunto con las restricciones usuales de la economía definen el espacio factible de elección, y por consiguiente determinan los costos de transacción.

Los costos de transacción representan el tiempo y los recursos necesarios para que una determinada transacción se lleve a cabo. Es un concepto análogo al de fricción que se da en física. Si los costos de transacción son muy altos, muchas transacciones simplemente no se hacen. Es como una fricción excesiva, que impide el movimiento.

La idea general es que mientras más bajos sean los costos de transacción, mejor funcionan los mercados como mecanismos de asignación de recursos, y se facilita el desarrollo económico. Douglass North (1990) enfatizó la necesidad de tener instituciones que funcionen bien, para reducir los costos de transacción. Calculó que, para Estados Unidos, los costos de transacción representaban alrededor del 45 % del PIB. Por ello cualquier factor que incremente o disminuya los costos de transacción tendrá un impacto significativo sobre el desarrollo económico.

Según North, las instituciones evolucionan en forma incremental estableciendo una conexión entre el presente y el futuro. Las instituciones facilitan la estructura de incentivos de las economías. A medida que las economías van cambiando, dan forma a la dirección de un cambio económico hacia el crecimiento, el estancamiento, o el declive.

Definir y hacer cumplir acuerdos de intercambio cuesta recursos. Aunque todos tengan la misma función objetivo, las transacciones requerirían recursos sustanciales. Si además agregamos individuos que maximizan su riqueza e información asimétrica sobre lo que se intercambia, los costos de transacción resultan un factor crítico del rendimiento económico. Las instituciones, y la efectividad en cumplir lo pactado determinan el costo de hacer una transacción. Las instituciones efectivas aumentan los beneficios de una solución cooperativa, o el costo de desertar. En términos de costos de transacción, las instituciones reducen estos costos y los de producción por intercambio, de modo que son realizables los beneficios potenciales del comercio.

Capital Social

Francis Fukuyama (2000) fue un paso más allá. Definió el Capital Social de los países, como el “pegamento” que mantiene las sociedades unidas, y reduce los costos de transacción.

El Capital Social se podría definir como el valor presente de los ahorros en costos de transacción que se logra gracias a las instituciones y al comportamiento de los individuos.

Según Francis Fukuyama (2000), el Capital Social es el resultado de las normas informales que promueve la cooperación entre dos individuos. Las normas que conforman el Capital Social pueden ir desde reglas de reciprocidad entre dos amigos hasta normas de comportamiento reguladas por doctrinas como el cristianismo y el confucianismo. No todas las normas constituyen Capital Social. Deben llevar hacia la cooperación en grupos, por lo que se relacionan con las virtudes tradicionales de la honestidad, el cumplimiento de los compromisos, el hacer los deberes en forma responsable, y la reciprocidad.

El comportamiento que describe Fukuyama típico del sur de Italia, en que las personas confían y se comportan en forma ética, con sus familiares directos, pero que se aprovechan de todos los demás, no es capital social, sino solo a nivel de la familia directa.

Un elemento central del Capital Social según Fukuyama (2000) a través de un concepto llamado el “radio de confianza”. Este es el círculo de personas en donde las normas cooperativas están en pleno funcionamiento. Mientras más grande es este círculo de confianza, mayor es el Capital Social. El problema de tener círculos de confianza muy reducidos es que los miembros del círculo de confianza se miran como “amigos” y los de afuera del círculo pasan a ser “adversarios”, cuando no definitivamente “enemigos”. Esto se da mucho en la política. También se da en organizaciones como la Mafia, Ku Klux Klan, y otras organizaciones criminales. Tan sólo cuando el círculo de confianza se extiende a toda la sociedad, se logran reducir efectivamente los costos de transacción.

Según Fukuyama (2000) en muchas sociedades Latinoamericanas, un bajo radio de confianza, que implica buen comportamiento con la familia directa y amigos personales, y un decidido mal comportamiento moral en la esfera pública, ha legitimado una corrupción extendida en dichas sociedades.

Por cierto, es posible coordinar la acción de individuos sin Capital Social, pero ello requerirá costos de transacción mayores en la forma de monitoreo, negociación, litigio, y enforzamiento legal de los acuerdos. Es difícil que los contratos especifiquen todas las contingencias posibles. También se requiere de un poco de buena voluntad para que las partes no se aprovechen de los agujeros legales que pudieren existir. Muchas actividades no soportan estos costos y dejan de realizarse.

Fukuyama definió cinco factores culturales y morales que condicionaban los costos de transacción, y por lo tanto el Capital Social:

1) El radio de confianza
2) La seguridad en el cumplimiento de lo pactado
3) La honestidad
4) La justicia social
5) El imperio de la Ley

El “World Values Survey” intentó medir en forma objetiva la honestidad en los distintos países. Para esto se dejaron a propósito varias “billeteras perdidas” con el equivalente a US$ 50 en billetes y la dirección y teléfono del propietario en distintos puntos de cada ciudad. Se registró el porcentaje de billeteras recuperadas como un índice de la honestidad promedio del lugar.

Adicionalmente se hizo una encuesta a las personas en el que se les preguntó: ¿diría Ud. que se puede confiar en la mayoría de la gente, o nunca son suficientes las precauciones que se tomen?

El número de respuestas afirmativas se tomó como un índice del Capital Social del lugar, pensando que la percepción de la gente es el resultado de las experiencias favorables o desfavorables que hayan tenido.

En el Cuadro 15 se presentan algunos resultados del World Values Survey del año 2000. Se aprecia que en los países nórdicos hay una gran confianza de las personas en el resto de la población. Países como Dinamarca, Suecia, Noruega y Finlandia poseen un gran Stock de Capital Social. En el otro extremo se encuentran algunos países Latinoamericanos y Africanos, en que el Capital Social parece ser extremadamente bajo.

Cuadro 15. Porcentaje de Respuestas Positivas

"¿Diría Ud. Que se puede confiar en la mayoría de la gente o nunca son suficientes las precauciones?"

País	Porcentaje	País	Porcentaje	País	Porcentaje
Dinamarca	67	Alemania	33	Singapur	17
Irán	65	Italia	31	Turquía	17
Noruega	64	Inglaterra	30	Venezuela	16
Suecia	62	Hungría	27	Moldavia	15
Finlandia	58	Ucrania	27	Argentina	15
China	55	Corea del Sur	27	El Salvador	15
Arabia Saudita	53	Grecia	24	Colombia	11
Indonesia	52	Rusia	24	Perú	11
Holanda	52	Chile	23	Rumania	10
Nueva Zelandia	49	Uruguay	22	Filipinas	8
Japón	43	Francia	22	Uganda	8
Estados Unidos	42	México	21	Tanzania	8
India	41	Croacia	18	Brasil	3

Fuente: World Values Survey (2000)

Harrison (1985) al estudiar el desarrollo económico de América Latina, puso un gran énfasis en factores culturales para explicar el atraso que sufrían algunos países de la región. El hecho de tener instituciones débiles, la existencia de poca formalidad en el cumplimiento de lo pactado, poca honestidad, extendida corrupción, y una criminalidad alta, son factores que atentan contra el desarrollo económico.

Si a esto se agregan políticas económicas populistas, se comprende el bajo nivel de desarrollo que han alcanzado algunas economías Latinoamericanas. Harrison enfatizó que el desarrollo de valores como el compromiso, la cooperación, la autodisciplina, la tolerancia, la estabilidad y la continuidad son una precondición fundamental del desarrollo económico. Por algo tituló su libro: "El Subdesarrollo es un Estado de la Mente: El caso de América Latina".

Douglass North (1990) piensa que los cambios institucionales son más importantes que los cambios tecnológicos para explicar el desarrollo económico. Factores políticos, sociales y económicos inciden sobre las instituciones y los grupos sociales. Los grupos que detentan posiciones sociales dominantes, si detectan que las instituciones no responden a sus intereses, a menudo fuerzan los cambios.

Stephen Knack y Phillip Keefer (1997) midieron el Capital Social de los países, a través del porcentaje de respuestas positivas del World Values Survey a la pregunta de confianza (Ver cuadro 15), que denominaron CONFIANZA ("Trust") y del porcentaje adherencia a normas de cooperación cívica, que denominaron CIVIC. Esta fue basada en una escala graduada de las siguientes cinco preguntas:

¿Ud. considera que la siguiente situación siempre puede ser justificada, nunca puede ser justificada, o a veces ser justificada? (Respuestas de 1 a 10):

a) Reclamar beneficios gubernamentales, aunque Ud. no califique
b) Evadir el pasaje en el transporte público
c) Evadir impuestos, si Ud. tiene la oportunidad
d) Guardar dinero que Ud. encontró
e) No reportar el daño que Ud. ocasionó a otro vehículo en un estacionamiento

En la muestra de países analizados por Knack y Keefer, encontró una respuesta media de

35,8 % a la pregunta de CONFIANZA, con una desviación standard de 14 %; y una respuesta media de 39,4 puntos (de un máximo de 50) a las preguntas de CIVIC, con una desviación standard de 2 puntos.

La variable de CONFIANZA se correlacionó muy fuertemente con la devolución efectiva de billeteras perdidas (correlación 0,67) y un poco menos con las respuestas de CIVIC (correlación 0,52).

Al utilizar test de convergencia (Knack y Keefer, 1997) similares a los efectuados por Barro, ya descritos en el capítulo 4, se encontró que las variables CONFIANZA Y CIVIC eran altamente significativas. Un incremento de una desviación standard en la CONFIANZA (14 %) se asociaba a un incremento en el ritmo de crecimiento en el PIB per cápita de 0,56 puntos porcentuales. Por otro lado, un incremento de 4 puntos (de un máximo de 50) en las respuestas a CIVIC se asociaba a un incremento en el ritmo de crecimiento en el PIB per cápita de 1 punto porcentual.

Esto permite construir un índice empírico de Stock de Capital Social, como sigue:

Stock de Capital Social = 0,5·CONFIANZA + 1·CIVIC

Esto da un índice del Stock de Capital Social de 0 a 100, ponderado en partes iguales, por la confianza y la cooperación cívica. En el cuadro 16 se presenta el cálculo del Stock de Capital Social para una muestra de países. Se observa que los países escandinavos tienden a mostrar los mayores niveles de Capital Social.

Cuadro 16. Stock de Capital Social

País	CONFIANZA %	CIVIC puntos	Indice de Stock de Capital Social
Dinamarca	67,0%	40,34	74
Noruega	64,0%	40,75	73
Suecia	62,0%	41,57	73
Finlandia	58,0%	40,64	70
Canada	49,6%	39,74	65
Holanda	52,0%	38,36	64
Japón	43,0%	41,79	63
India	41,0%	42,65	63
Suiza	43,2%	40,89	62
Australia	47,8%	38,27	62
Islandia	41,6%	41,07	62
Estados Unidos	42,0%	40,55	62
Irlanda	40,2%	37,51	58
Austria	31,8%	41,45	57
Italia	31,0%	41,23	57
Alemania	33,0%	39,83	56
España	34,5%	38,75	56
Inglaterra	30,0%	40,07	55
Bélgica	30,2%	38,08	53
Corea del Sur	27,0%	39,64	53
Sud Africa	30,5%	36,99	52
Turquia	17,0%	42,43	51
Nigeria	22,9%	39,19	51
Chile	23,0%	36,8	48
Portugal	21,4%	36,89	48
Francia	22,0%	36,26	47
Argentina	15,0%	39,5	47
Mexico	21,0%	34,55	45
Brasil	3,0%	37,58	39

Fuente: Elaboración datos Knack-Keefer (1997)

¿Cómo afecta el Stock de Capital Social el crecimiento económico? se preguntan Knack y Keefer (1997). Prácticamente cada transacción comercial requiere algún grado de confianza, con mayor razón si estas se mantienen en el tiempo. Transacciones que son muy sensibles a la confianza son aquellas en que los bienes y servicios se entregan con pagos diferidos en el tiempo, contratos de trabajo en que los empresarios confían a sus empleados labores que son difíciles de monitorear, contratos con empresas proveedoras a los cuales se entregan anticipos de dinero, y decisiones de inversión en general.

Cuando hay baja confianza, es necesario gastar más recursos en protección, sobornos a funcionarios públicos, y servicios de protección privados. También requiere de mucho mayor tiempo de monitoreo y control a los empleados para verificar que están haciendo lo que se espera de ellos, y que no están desviando recursos en forma inapropiada. Esto aumenta fuertemente los costos de transacción.

Las sociedades caracterizadas por altos niveles de confianza no son tan dependientes de instituciones formales para aplicar el cumplimiento de contratos. La confianza interpersonal es un sustituto, aunque imperfecto, de un buen sistema legal que proteja los derechos de propiedad y el cumplimiento de los contratos.

Sociedades con mayores niveles de confianza tienen mayores incentivos para innovar y acumular capital físico y humano. La confianza también aumenta el acceso al crédito a los más pobres, al reducir el riesgo de no pago. También está fuertemente correlacionado con la calidad de los servicios gubernamentales, y la calidad de la educación.

La corriente Institucionalista

Es una corriente de pensamiento económico que enfatiza el rol de las instituciones en explicar el desempeño de las economías. Sus raíces históricas están en los trabajos de Thorstein Veblen (1899: “Why is Economy not an evolutionary Science”), Willard Earl Atkins, Simon Kuznets, Robert Heilbroner, y Chester Barnard, entre otros.

Sus postulados básicos eran que:

- Son los comportamientos de grupo más que los precios los que deben estar en el centro del análisis económico.
- Se debe poner mucha atención a las regularidades de las costumbres, hábitos y leyes que organizan la vida económica.
- A veces, los individuos son influenciados por motivaciones que no pueden medirse cuantitativamente.
- El comportamiento económico evoluciona constantemente como consecuencia de los cambios institucionales.
- Es tarea del economista estudiar los conflictos de intereses en la estructura social existente, y este estudio es parte de la Economía.

Sus exponentes modernos son Ronald Coase, Douglass North, Robert Fogel, Lawrence Harrison, William Easterly, David Landes, y Daron Acemoglu.

William Easterly (2002) en su libro “The Elusive Quest for Growth” afirma que los malos gobiernos, al igual que la mala suerte pueden matar el crecimiento. Como el crecimiento es sensible a los incentivos que llevan a disminuir el consumo presente a cambio del ingreso futuro, cualquier cosa que afecte ese incentivo, afecta el crecimiento. Toda acción de gobierno que ponga impuestos al ingreso futuro, implícita o explícitamente está afectando los incentivos a

invertir. Esto incluye cosas como alta inflación, altos premios en el mercado negro, tasas de interés real negativas, altos déficits fiscales, restricciones al libre comercio, servicios públicos de baja calidad, y corrupción.

Los altos déficits fiscales, al final se financian imprimiendo dinero, lo que causa inflación. Todos los ejemplos de hiperinflación y de alta inflación que existieron en el mundo reflejan un fuerte déficit fiscal, que no pudo ser financiado de otra forma. La evidencia empírica muestra que una fuerte caída en el ritmo de crecimiento tiende a acompañar estos procesos. Las costumbres de reajuste de precios y salarios, indexación de deudas y otras formas de defenderse del proceso inflacionario, introducen una alta inercia, que hace muy costoso volver a estabilizar la economía.

Un alto premio al mercado negro de dólares actúa de facto como un impuesto a las exportaciones. La evidencia muestra que las economías que han tenido altos premios sostenidos al mercado negro de dólares han visto tasas de crecimiento negativas en sus economías, y un derrumbe en sus exportaciones.

Cuando los gobiernos regulan las tasas de interés a un nivel bajo la inflación, los depositantes obtienen tasas de interés reales negativas. A esta tasa de interés negativa, las personas no tendrán ningún incentivo a depositar dinero en los bancos. Esto es una "represión financiera". La evidencia internacional es que altas tasas de interés reales negativas matan al sistema bancario, y tienden a producir tasas de crecimiento negativo.

Easterly concluye que las malas políticas públicas no son el resultado de la ignorancia de los gobernantes, sino de un equilibrio en que las elites en el poder logran canalizar recursos hacia sus propios bolsillos, a costa del resto de la población.

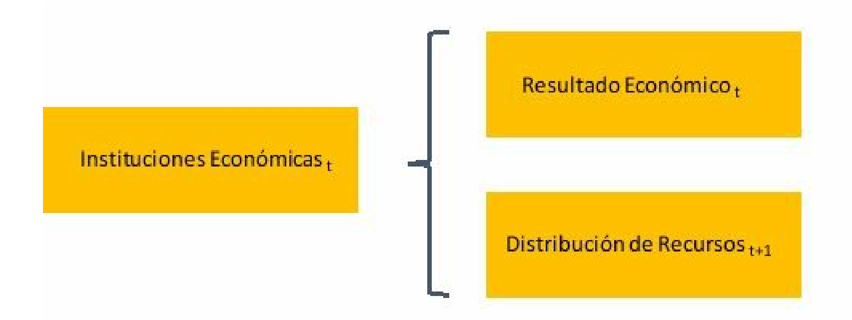
David Landes (1995) en su libro de "La Riqueza y la Pobreza de las Naciones" trata de explicar porque algunos países experimentaron un crecimiento casi milagroso, mientras otros países se estancaron. Concluye que los factores culturales que generaron competencia política, libertad económica, propensión al ahorro, trabajo duro, y actitud científica para abordar los problemas son las claves para explicar los casos exitosos de crecimiento. Atribuye muchos de estos factores culturales a la Civilización Occidental.

Modelo de Acemoglu

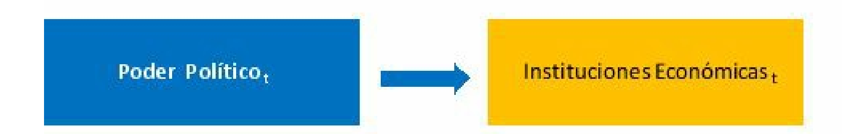
Acemoglu, Johnson y Robinson (2005) plantean que las instituciones son el factor fundamental que explica el éxito económico de los países. Sin embargo, las instituciones económicas, políticas y sociales son variables endógenas que responden a los intereses de las elites que detentan el poder, siguiendo la teoría del conflicto social de North (1981).

Su modelo conceptual es el siguiente:

1) Las instituciones importan para el desarrollo económico porque ellas determinan la estructura de incentivos de los actores económicos. En particular influencian la inversión en capital físico, en capital humano, desarrollo de la tecnología, y la organización de la producción. Las instituciones no solo determinan los resultados económicos, sino también afectan la distribución de los recursos en el periodo siguiente:

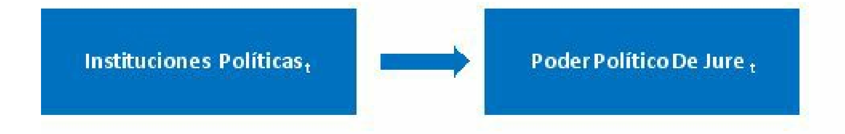


2) Las instituciones económicas son endógenas. Son determinadas por decisiones colectivas, en gran parte por sus consecuencias económicas y distributivas. Normalmente hay un conflicto de interés entre grupos, especialmente por sus consecuencias distributivas. El grupo que tenga más poder político es el que probablemente impondrá las instituciones más favorables a sus intereses:

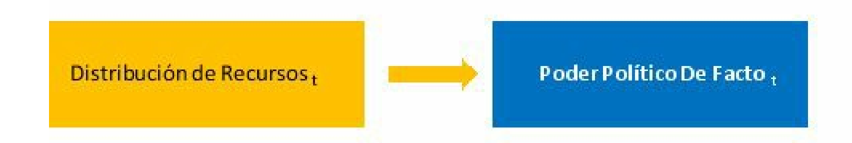


3) No existe un teorema de Coase en que se pueda acordar las mejores instituciones para una sociedad, y luego negociar los resultados distributivos, debido a un problema de comportamiento oportunista. Ex – ante, no se puede garantizar que se cumpla un acuerdo, ya que no existe una fuerza superior que pueda enforzar lo que se acordó anteriormente. Por lo tanto, los resultados distributivos no son separables de los resultados agregados. La eficiencia y los efectos distributivos no son separables.

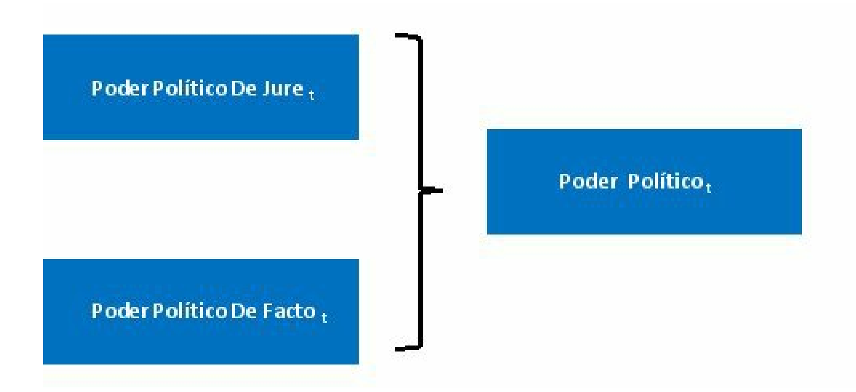
4) La distribución del poder político también es una variable endógena. Este poder tiene dos componentes: un poder político formal: "de jure"; y un poder político "de facto". El poder "de jure" se genera a través de las instituciones políticas. Por ejemplo, en una monarquía absoluta, el poder "de jure" reside en un rey. Una monarquía constitucional, divide este poder entre el rey y el parlamento, y en una democracia, el poder "de jure" reside en el poder ejecutivo y en el parlamento:



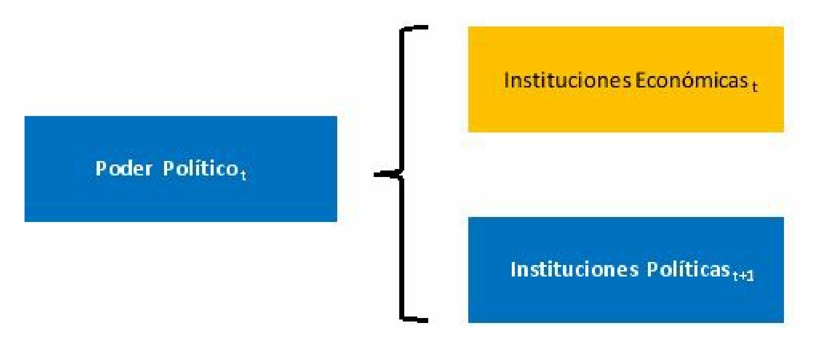
5) El poder "de facto" reside en un grupo de individuos que tienen poder económico, y en instituciones armadas. El poder "de facto" se puede imponer al poder "de jure" a través de revueltas, protestas y golpes de Estado. El poder "de facto" está determinado por la distribución de recursos:



6) El poder político está constituido por sus dos componentes: el poder político “de jure” y el poder político “de facto”.



7) El poder político determina las instituciones políticas del periodo siguiente. Cualquier cambio en las instituciones políticas debe nacer forzosamente en quienes controlan el poder político para lograrlo.



Las instituciones políticas y la distribución de recursos son las variables de estado de una sociedad. Ellas determinan las otras variables. Este conjunto de relaciones configura una estructura dinámica que permite explicar la evolución de las instituciones políticas y económicas a través del tiempo, y entender porque algunos países con un tipo de instituciones que favoreció el desarrollo y otros terminaron estancados y empobrecidos.

De acuerdo a Acemoglu, las instituciones económicas que fomentan el desarrollo son aquellas que aseguran el derecho de propiedad para una vasta mayoría, permiten la libertad de emprendimiento, fomentan la aparición y el desarrollo de mercados competitivos, limitan el poder del Estado para expropiar y tributar excesivamente, y el poder de los monarcas para apoderarse de los bienes de sus súbditos. Lo clave es que las personas que emprendan algo, puedan gozar del resultado de sus emprendimientos, y las personas que trabajen obtengan el fruto de su labor.

Que las instituciones importan se puede ver claramente en el experimento natural que separó la península Coreana en dos partes: Corea del Norte y Corea del Sur. Antes del fin de la segunda

guerra mundial, ambas Coreas tenían el mismo ingreso per cápita, el mismo idioma, la misma cultura, y aproximadamente el mismo clima y condiciones geográficas. Por la invasión rusa, a Corea del Norte se le impusieron instituciones radicalmente diferentes de las que tuvo Corea del Sur. Las instituciones pro-mercado de Corea del Sur contrastaron fuertemente con la planificación central de Corea del Norte. Mientras Corea del Norte se estancó en la pobreza, Corea del Sur vivió un milagro económico. Al año 2000, cincuenta y cinco años después de la separación, el PIB per cápita de Corea del Sur era 15 veces mayor que el de Corea del Norte.

Acemoglu aplica su modelo para explicar la evolución de las instituciones económicas y políticas en Inglaterra. Hacia 1600 se originó una gran expansión del comercio marítimo inglés hacia el Atlántico. La East India Company se fundó en 1600 para canalizar el comercio de larga distancia hacia el Asia. En 1620, las colonias americanas generaron importantes exportaciones de tabaco hacia Europa. Estas fueron seguidas por rentables plantaciones de caña de azúcar en el Caribe. Hacia 1650, los barcos ingleses tomaron casi todo el comercio de esclavos africanos. Todo ello le otorgó un gran poder económico y político "de facto" a los comerciantes ingleses. Tanto la guerra civil inglesa (1642-1651) como la revolución gloriosa (1684) fueron disputas sobre los derechos y prerrogativas de la monarquía sobre los comerciantes. La comunidad mercantil británica apoyó activamente los planes de invasión de Guillermo de Orange. Después de estas dos revoluciones, el poder del monarca fue severamente limitado, y el poder político se traspasó al parlamento. Esto a su vez cambió las instituciones económicas, asegurando firmemente los derechos de propiedad y la obligación de hacer cumplir los contratos.

Estos cambios no ocurrieron en España y Francia, donde las monarquías absolutistas controlaron la expansión del comercio, intentando maximizar la extracción de rentas para la corona.

Acemoglu también aplica su modelo para explicar las fuertes diferencias de resultados en la colonización europea de América. En las partes de América donde los conquistadores encontraron sociedades ricas y pobladas, como en México y Perú, los recién llegados europeos eran una ínfima minoría, y establecieron instituciones económicas extractivas. Diseñaron un esquema en que impusieron trabajos forzados a la población indígena en minas y explotaciones agrícolas, extrayendo la mayor cantidad de recursos para enriquecerse ellos mismos: "Hacerse la América" era la consigna. Enviaron innumerables galeones cargados de oro y plata para los monarcas españoles. No había derechos de propiedad para las poblaciones indígenas. Tanto la corona española como la corona portuguesa prohibieron el libre comercio, y monopolizaron éste a través de "la Casa de Contratación" en Sevilla y la "Casa da India" en Lisboa. Estas instituciones económicas "extractivas" fueron heredadas de algún modo por las repúblicas latinoamericanas cuando se independizaron. Las instituciones económicas cambian, pero tienen cierta inercia.

También se observan instituciones económicas extractivas en el caso de países colonizados por europeos con climas tropicales muy intensos, y con muchas enfermedades. Los colonizadores no estaban interesados en quedarse y sólo querían extraer la mayor cantidad de recursos posibles, para luego volver a sus patrias de origen. La institucionalidad económica que surgió en estos lugares trataba de extraer el máximo de rentas de la población nativa, sin entregarles ni libertad ni derechos de propiedad. Ello se observa en muchas economías del África, del Caribe y del Asia.

Por el contrario, en aquellos países de climas templados, donde la población nativa era escasa, y la mayoría de los colonizadores era europeo, como las colonias americanas, Australia, y Nueva Zelanda, por ejemplo, se tendieron a establecer firmes derechos de propiedad para todas

las personas, y libertad de emprendimiento. Incluso en algunas colonias, casi no habían impuestos. La institucionalidad económica fue radicalmente diferente.

Cuando estos países se independizaron, generaron una institucionalidad política de balance de poderes. Con este balance de poderes, los derechos de propiedad para todos se generalizaron, los esclavos fueron liberados, y la elite en el poder no tuvo la fuerza para apoderarse de los bienes de los demás.

Los casos históricos de Inglaterra y Holanda, en que los comerciantes se impusieron a los reyes a través de sus respectivos parlamentos, dieron origen a una institucionalidad política en la forma de una monarquía parlamentaria. Esta a su vez fomentó una institucionalidad económica respetuosa del derecho de propiedad, que permitía la libertad de emprendimiento, y el uso de mercados para asignar recursos. Ello fue clave en dar el marco económico, político y social que posibilitó la Revolución Industrial, y el subsecuente proceso de desarrollo económico.

Referencias del Capítulo

- Daron Acemoglu, Simon Johnson and James Robinson, "The Colonial Origins of Comparative Development: An empirical Investigation", 2001, American Economic Review.
- Daron Acemoglu, Simon Johnson and James Robinson, "Institutions as the Fundamental cause of Long Run Growth", 2005, in Handbook of Economic Growth. North Holland.
- William Easterly, "The Elusive Quest for Growth", 2002, MIT Press.
- Lawrence Harrison, "Underdevelopment is a State of Mind: The Latin American Case", 1985, Madison Books.
- Francis Fukuyama, "Social Capital and Civil Society", 2000, IMF Working Paper.
- Stephen Knack and Phillip Keefer, "Does Social Capital have an Economic Impact? A cross-country investigation", 1997, Quarterly Journal of Economics.
- David Landes, "The Wealth and Poverty of Nations", 1995, Little, Brown.
- Douglass North, "Structure and Change in Economic History", 1981, Norton.
- Douglass North, "Institutions, Institutional Change and Economic Performance", 1990, Cambridge University Press.
- Max Weber, "La Ética Protestante y el Espíritu del Capitalismo", 1905, Reeditado en 2003 por Editorial Fondo de Cultura Económica.

ANEXO. CÁLCULO DE VARIACIONES

Es una técnica matemática para resolver problemas de optimización en infinitas dimensiones. Cuando la solución de un problema matemático no es de la forma:

$$X = X_1$$

Sino que la solución debe ser:

$$X = X(t)$$

En otras palabras, el cálculo de variaciones se aplica cuando la solución no es un valor determinado, sino una determinada trayectoria de valores. Cuando la solución es continua, la solución está en infinitas dimensiones.

Fue desarrollada por el matemático suizo Leonhard Euler para resolver algunos problemas físicos como, por ejemplo, demostrar que la trayectoria recta es la distancia más corta entre dos puntos, o calcular la forma de la trayectoria óptima de un misil que debe interceptar un objeto en movimiento.

Denotando con un punto sobre la variable, la derivada de X con respecto a t:

$$\dot{X} = \frac{dX}{dt}$$

El problema planteado por Euler es el siguiente:

$$Max V = \int_0^T I\left[X, \dot{X}, t\right] dt$$

Sujeto a:

$$X(0) = X_0$$

$$X(1) = X_1$$

La solución es una trayectoria X(t) que debe partir del punto inicial X_0 y terminar en el punto final X_1. La variable X es una variable de estado, que determina la posición del sistema analizado en el momento t. La variable de control es $\dot{X}$ e indica la variable sobre la cual se tiene influencia sobre la evolución de la variable de estado del sistema. Si se trata de un problema físico de cinemática, X sería la posición geográfica de un objeto en el momento t (variable de estado) y $\dot{X}$ sería la velocidad del objeto, sobre el cual se tiene control. El problema consiste en determinar una secuencia óptima de velocidades, $\dot{X}$, para determinar una trayectoria temporal, X(t) que haga máximo el valor de la integral indicada anteriormente.

Se exige que la función $I\left[X, \dot{X}, t\right]$ sea continua y continuamente diferenciable en todos sus argumentos hasta la segunda derivada parcial.

Euler demostró que la solución general de este problema debía cumplir con la solución de la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{\partial I}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{X}}\right)$$ Ecuación de Euler

Por ejemplo, si la función objetivo tuviera la siguiente forma:

$$I[X,\dot{X},t] = a \cdot X^2 + b \cdot \dot{X} \cdot t^2 + c \cdot \dot{X} \cdot t$$

Se desea encontrar la trayectoria óptima de:

$$Max V = \int_0^T I[X,\dot{X},t] dt$$

Sujeto a:

$$X(0) = X_0$$

$$X(T) = X_T$$

La solución óptima obedece a la ecuación de Euler. Esto se resuelve por partes:

$$\frac{\partial I}{\partial X} = 2 \cdot a \cdot X$$

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{X}} = 2 \cdot b \cdot t^2 + c \cdot t$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{X}}\right) = 4 \cdot b \cdot t + c$$

Igualando los términos correspondientes:

$$2 \cdot a \cdot X = 4 \cdot b \cdot t + c$$

$$X = 2 \cdot \frac{b}{a} \cdot t + c$$

La solución es una trayectoria lineal, con velocidad constante. Los parámetros se obtienen de las condiciones de borde:

Para t = 0:

$$X = X_0 = c$$

Para t = T

$$X = X_T = 2 \cdot \frac{b}{a} \cdot T + X_0$$

$$\frac{b}{a} = \frac{X_T - X_0}{2 \cdot T}$$

La Ecuación de Euler también se puede reinterpretar en función de x e y en lugar de x y t. Esto lo aplicó Leonard Euler para resolver el problema de la trayectoria más corta entre dos puntos:

Su problema fue:

Se tienen dos puntos en R^2: Los dos puntos están descritos por sus coordenadas cartesianas: (x_1, y_1) y (x_2, y_2)

Se desea saber la forma de la trayectoria y = f(x) que conecta ambos puntos en la forma más corta:

El objetivo es minimizar la distancia entre los dos puntos. Se define:

$$\dot{y} = \frac{dy}{dx}$$

$$Dist = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + (\dot{y})^2} \cdot dx$$

En que Dist es la distancia recorrida por una trayectoria cualquiera y = f(x)

La función I de este problema es:

$$I = \sqrt{1 + (\dot{y})^2}$$

La solución de este problema es mediante la ecuación que encontró Euler:

$$\frac{\partial I}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{y}}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial y} = 0$$ ya que y no aparece explícitamente en I

$$\frac{\partial I}{\partial \dot{y}} = \frac{\dot{y}}{\sqrt{1 + (\dot{y})^2}}$$

La ecuación diferencial queda:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\dot{y}}{\sqrt{1 + (\dot{y})^2}}\right) = 0$$

$$\frac{\dot{y}}{\sqrt{1 + (\dot{y})^2}} = cte = c$$

$$\frac{\dot{y}^2}{1 + (\dot{y})^2} = c^2$$

$$\dot{y}^2 = \frac{c^2}{1 - c^2}$$ para $0 < c < 1$

$$\dot{y} = \sqrt{\frac{c^2}{1 - c^2}} = b$$

$$\frac{dy}{dx} = b$$

$$y = b \cdot x + a$$ que es la forma funcional de una línea recta que conecta ambos puntos. Por lo tanto, la distancia más corta entre dos puntos es una línea recta.

La ecuación de Euler también se puede aplicar a optimización en varias variables. En este caso solo hay que reinterpretar X como un vector. La solución es la ecuación diferencial vectorial de Euler:

$$\frac{\partial I}{\partial \vec{X}} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{\vec{X}}}\right)$$

Esto equivale a un sistema de ecuaciones de Euler:

$$\frac{\partial I}{\partial X_1} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{X}_1}\right)$$

$$\frac{\partial I}{\partial X_2} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{X}_2}\right)$$

……..

$$\frac{\partial I}{\partial X_N} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial I}{\partial \dot{X}_N}\right)$$

Giuseppe Luigi Lagrange, un matemático italiano que posteriormente se nacionalizó francés, también perfeccionó el método de Euler permitiendo introducir formas funcionales de restricción junto con la función objetivo. A la función I se le pueden agregar restricciones adicionales, en este caso con multiplicadores apropiados. Así se tiene que un problema de la forma:

$$Max V = \int_0^T I\left[\vec{X}, \dot{\vec{X}}, t\right] dt$$

Sujeto a:

$$\overline{X}(0) = \vec{X}_0$$

$$\vec{X}(T) = \vec{X}_T$$

$$G\left(\vec{X}, X, t\right) = 0$$

Se puede transformar este problema en uno de cálculo de variaciones, definiendo el Lagrangiano:

$$L = I\left[\vec{X}, \dot{\vec{X}}, t\right] + \lambda \cdot G\left(\vec{X}, \dot{\vec{X}}, t\right)$$

En que λ es un multiplicador de Lagrange

El problema de cálculo de variaciones queda:

$$Max V = \int_0^T L\left(\vec{X}, \dot{\vec{X}}, t\right) dt$$

Sujeto a:

$$\vec{X}(0) = \vec{X}_0$$

$$\vec{X}(T) = \vec{X}_T$$

Cuya solución es el sistema de ecuaciones diferenciales de Euler-Lagrange:

$$\frac{\partial L}{\partial \vec{X}} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\vec{X}}}\right)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0$$

En el caso de que la función objetivo no dependa del tiempo, o de la derivada de la variable de estado, entonces la solución converge al problema Lagrangiano tradicional:

Si $\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\vec{X}}}\right) = 0$ entonces la solución es:

$$\frac{\partial L}{\partial \vec{X}} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0$$

Esta es la solución de un problema Lagrangiano standard, que se aplica ampliamente en el análisis microeconómico. En este caso se resuelve el óptimo estático en cada punto, ya que el óptimo global es igual a la suma de los óptimos parciales. Esto deja de ser cierto en el caso de que la función objetivo dependa del tiempo o de la velocidad a la que avanza el sistema, en que hay que utilizar la solución de Euler-Lagrange.

Cuando la condición terminal es de un tiempo que tiende a infinito, el matemático ruso Lev Pontryagin desarrolló el principio del máximo, y agregó la necesidad de incorporar una condición de trasversalidad, para los problemas en que la función objetivo tenga un parámetro de descuento, para poder tener un óptimo global.

$\lim_{t \to \infty} \vec{X}(t) \cdot e^{-r \cdot t} = 0$ Condición de Transversalidad

Esta condición de transversalidad se cumple siempre que la solución converja a un estado estacionario (Es condición suficiente). Si no hay estado estacionario, es necesario verificar que la condición de transversalidad se cumpla para cada problema en particular.

---

[1] Los antropólogos denominan paleolítico a esta etapa de la evolución humana.

[2] Carlo Cipolla (1989), pag. 17

[3] Carlo Cipolla, op.cit.

[4] Carlo Cipolla, op. cit.

[5] Erik Haindl (2011), pág. 61.

[6] Artículo: “An Estimate of the Size and Structure of the National Product of the Early Roman Empire”

[7] Citado por Carlo Cipolla (1989) pág. 59.

[8] Datos obtenidos de Clark (2007) y Maddison (2006).

[9] Construida en base al ingreso autónomo de la Encuesta de Caracterización Económica Nacional (CASEN) del año 2017.

[10] Las crónicas hablan de que el precio de una libra de pan desde el incendio de Londres (1666) costaba aproximadamente lo mismo en 1930. El patrón oro aseguró una estabilidad de precios durante casi trescientos años.